WIADOMOŚCI TECHNICZNO-ARTYLERYJSKIE

Nr. 11.

LISTOPAD — GRUDZIEŃ 1931 r.

TREŚĆ:

SOMMAIRE:

U W A G A: Liczby, umieszczone nad tytułami poszczególnych artykułów w tekście, oznaczają symbole klasyfikacji dziesiętnej.

620.1:623.451

Prof. dr. inż. I. FESZCZENKO-CZOPIWSKI
i inż. A. MARUSZCZENKO-BOHDANOWSKI.

STOPIEŃ ROZSIEWU SKŁADU CHEMICZNEGO, STRUKTURY I WŁASNOŚCI WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH STALI POCISKOWYCH.

Z wytwarzanych w przemyśle hutniczym rozmaitych gatunków stali nieznaczna tylko ich ilość znajduje zastosowanie przy fabrykacji pocisków.

Praktyka artylerji poparta fachową literaturą ustaliła, że tworzywo na pociski średnich i małych kalibrów ma zawierać następujące ilości składników:

$$C = 0{,}30 - 0{,}42\%, \quad Mn = 0{,}55 - 0{,}85\%, \quad Si = 0{,}25 - 0{,}30\%,$$

przy możliwie najmniejszych zawartościach S, P i Cu.

Przepisy odbiorcze polskie działające do r. 1930 wymagały, aby próbka ze stali pociskowej (wymiarów nie określono) po wyżarzaniu w przeciągu 20 minut przy temperaturze około 950° C i studzeniu w popiele lub piasku wykazała $R = 52 - 64\ kg/mm^2$ przy wydłużeniu nie mniejszem niż 18%.

Po termicznem ulepszeniu wytrzymałość na rozerwanie powinna być nie mniejszą niż 80 kg/mm^2 przy wydłużeniu nie mniejszem niż 9%; — odpuszczanie zaleca się stosować przy 500° C w ciągu jednej godziny. Twardość Brinell'a badana kulką o ∅ 10 mm

pod obciążeniem 3000 kg w ciągu 30 sekund powinna wynosić 302 — 255 kg/mm².

Badania poniższe miały na celu:

A) Wykazać granice wahań (rozsiew) własności wytrzymałościowych pewnych gatunków stali pociskowych o krańcowym i przeciętnym składach chemicznych, jednak w granicach przepisów odbiorczych w stanie surowym (dostarczonym), wyżarzonym i termicznie ulepszonym.

B) Wykazać stopień ulepszenia odpowiednich właściwości wytrzymałościowych, wpływ „sezonowania" prób, znajdujących się w stanie dostarczonym, wyżarzonym i termicznie ulepszonym.

C) Wykazać przyczynę zbytniego obniżenia własności sprężystych stali pociskowych termicznie ulepszonych.

D) Wykazać granice rozsiewu składu chemicznego dla szeregu stali wykazujących, — po odpowiedniem wyżarzaniu i ulepszaniu termicznem,—własności wytrzymałościowe, odpowiadające normom odbiorczym.

E) Podać przykłady rozsiewu budowy wewnętrznej.

I.

BADANIE MATERJAŁU W STANIE DOSTARCZONYM I PRZYGOTOWANIE PRÓB DO OBRÓBKI TERMICZNEJ.

Do badania własności wytrzymałościowych wzięto materjał z kilku gatunków stali półtwardych w stanie dostarczenia. Stale te pochodzą z zasadowych pieców martenowskich. Bloki przewalcowano na rygle o wymiarach 100 × 100 mm, przekątni 128 mm, promieniu zaokrąglenia R = 16 mm, a długości około 3 m. Ze środka i boków rygli, przyjętych przez odbiorcę, wycięto kawałki w ten sposób, żeby oś próbki schodziła się z kierunkiem walcowania. Kawałki obtoczone na długość 250 mm i ⌀ 22 mm nie wykazały widocznych wad, ani na przekrojach, ani na powierzchni.

Badania i obróbkę termiczną przeprowadzono na 8-miu gatunkach stali pociskowych, których skład chemiczny podaje tablica 1.

Zauważyć należy, że stal Nr. 7 posiada najmniej S i P w porównaniu z innemi gatunkami.

Z każdej próbki wspomnianych gatunków stali obcinano krążki 5 mm wysokości i ⌀ 22 mm, następnie badano je pod mikrosko-

Tablica 1.

Skład chemiczny badanych stali pociskowych.

Lp. stali	C %	Mn %	Si %	P %	S %	Cu %
Stal Nr. 1 . .	0,410	0,80	0,26	0,03	0,02	0,11
„ „ 2 . .	0,400	0,62	0,21	0,03	0,03	0,11
„ „ 3 . .	0,42	0,69	0,23	0,025	0,02	0,09
„ „ 4 . .	0,350	0,60	0,20	0,03	0,03	0,08
„ „ 5 . .	0,340	0,60	0,23	0,025	0,025	0,12
„ „ 6 . .	0,355	0,71	0,29	0,035	0,035	0,09
„ „ 7 . .	0,370	0,64	0,29	0,015	0,015	0,09
„ „ 8 . .	0,44	0,63	0,21	0,025	0,025	0,12

pem przy 100-krotnem powiększeniu bez wytrawienia i po trawieniu kwasem pikrynowym.

Budowę tworzywa w stanie dostarczonym t. j. walcowanym i chłodzonym na powietrzu w warunkach hutniczych uwidoczniono na mikrofotografjach 1, 2, 3, 4. Budowa ta składa się z perlitu i ferrytu. Ziarna w postaci wieloboków są bądź to większych wymiarów, (fot. 1) bądź to mniejszych (fot. 2).

Pewne przegrzanie większości badanych stali zostało potwierdzone również na wynikach prób na rozerwanie. Próby te wykazały obniżenie granicy płynności (Q), wydłużenia ($A^0/_0$) i przewężenia ($C^0/_0$).

W tablicy II zestawiono własności wytrzymałościowe (przeciętne z dwóch próbek) badanych stali pociskowych.

Wprowadzone stosunki w ostatnich trzech rubrykach tablicy II mają następujące znaczenie:

1) Q : R = stosunek granicy płynności do granicy wytrzymałości, nazywa się spółczynnikiem oceny danego materjału.
2) B : Q = stosunek twardości w skali Brinell'a do granicy płynności, jest to spółczynnik (według Prof. I. Feszczenko-Czopiwskiego (1) [1]), przybliżonego określenia dobroci stali.

[1]) p. wykaz literatury w końcu artykułu (str. 1388).



Fot. 1. 100 ×



Fot. 2. 105 ×



Fot. 3. 100 ×



Fot. 4. 100 ×

Stan dostarczony.

Tablica II.

Własności wytrzymałościowe stali pociskowych 1—7 w stanie dostarczenia (przeciętne z dwóch prób).

Lp. stali	R kg/mm²	Q kg/mm²	A %	C %	B kg/mm²	Q : R %	B : Q	C : A
Stal Nr. 1 .	63,1	34,9	18,1	38,1	171	55,0	4.89	2,11
„ „ 2 .	61,1	30,2	18,0	39,2	166	49,5	5,49	2,17
„ „ 3 .	62,9	29,8	16,9	40,3	168	47,7	5,64	2,31
„ „ 4 .	56,9	25,9	25,4	44,2	155	45,6	5,99	1,75
„ „ 5 .	51,0	28,3	25,2	45,3	141	55,4	4,99	1,79
„ „ 6 .	58,0	34,3	23,2	44.9	166	59,4	4,84	1,93
„ „ 7 .	50,2	25,3	16,1	55,8	131	50,5	5,19	3,48

Tablica III.

Wyżarzanie prób ze stali pociskowych w ciągu 20 min. przy 950° C i chłodzenie w piasku (przeciętne z dwóch prób).

Lp. stali	R kg/mm²	Q kg/mm²	A %	C %	B kg/mm²	Q : R %	B : Q	C : A
Stal Nr. 1 .	66,1	30,1	20,7	49,1	174	45,5	5,78	2,37
„ „ 2 .	59,8	30,9	22,8	48,3	161	51,6	5,22	2,22
„ „ 3 .	65,0	32,9	15,4	47,8	179	50,5	5,45	3,10
„ „ 4 .	58,1	30,2	22,5	50,3	168	52,0	5,56	2,24
„ „ 5 .	56,7	30,2	21,2	52,1	163	53,4	5,40	2,46

3) C : A = stosunek przewężenia przekroju do wydłużenia długości próbki, (według Prof. L. Karasińskiego i wedle przepisów normalizacji materjałów wojskowych), nosi miano—miary stanu tworzywa.

Do określenia punktów krytycznych każdego gatunku stali używano ogniwa Pt-Pt-Rh. Punkty krytyczne określono metodą Osmond'a; są one następujące:

Stal Nr. 1	$Ar_3 = 730^0$ C	Ar_1.	672 ± 5^0 C
„ „ 3	„ $= 740^0$ C	„	678 ± 5^0 C
„ „ 4	„ $= 745^0$ C	„	680 ± 5^0 C
„ „ 5	„ $= 755^0$ C	„	677 ± 5^0 C
„ „ 6	„ $= 755^0$ C	„	677 ± 5^0 C
„ „ 7	„ $= 740^0$ C	„	675 ± 5^0 C

Dla każdego z niżej podanych procesów obróbki termicznej brano po dwa, czasem po trzy kawałki tej samej stali o wymiarach 250 mm długości i 22 mm średnicy. Te próbki dla wygody nazwano „surowe" lub „stan dostarczony". Po obróbce termicznej te „surowe" próbki obtaczano na obrabiarce i w biegu badań nazwano je „gotowe".

Próbki „gotowe" miały długość ogólną 250 mm, długość pomiarową 80 mm, średnicę 8 mm mierzoną w trzech miejscach przekroju. Do badania prób na rozerwanie korzystano z maszyny Amsler'a 30-tonnowej. Twardość badano na prasie hydraulicznej „Alpha" kulką ∅ 10 mm, P = 3000 kg, w ciągu 30 sek.

Wartości własności wytrzymałościowych stanu dostarczonego wahają się w szerokich granicach, a mianowicie:

Minimum	Maximum	Różnica między min. a max. wyrażona w %% w stosunku do minimum
R = 50,2 kg/mm^2	R = 63,1 kg/mm^2	25,7%
Q = 25,3 kg/mm^2	Q = 34,9 kg/mm^2	37,8%
A = 16,1 %	A = 25,4 %	57,7%
C = 38,1 %	C = 55,8 %	46,4%
B = 131 kg/mm^2	B = 171 kg/mm^2	30,5%
Q : R = 45,6 %	Q : R = 59,4 %	30,3%
B : Q = 4,84	B : Q = 5,99	23,8%
C : A = 1,75	C : A = 3,48	98,8%

Różnice te tłumaczą się przedewszystkiem różnicą zawartości węgla i manganu a poza tem wpływem wielu czynników walcowania, a przedewszystkiem temperatury końcowej walcowania, stopnia zgniotu i szybkości chłodzenia po wywalcowaniu.

Naturalnie, wszystkie istniejące różnice w materjale dostarczonym, powstałe w zależności od różnych warunków walcowania i chłodzenia, usuwa proces następnego wyżarzania lub normalizowania.

Pod procesem wyżarzania stali czysto węglistych należy rozumieć ogrzewanie stali nieco powyżej punktu przemiany allotropowej Ar_3 i powolne stygnięcie do temperatury pokojowej, wskutek czego otrzymuje się zupełny rozkład roztworu stałego węgla w $Fe - \gamma$ z powstawaniem dla stali podeutektoidalnych struktury perlityczno-ferrytycznej.

Osiąga się to — w zależności od składu chemicznego i szybkości rozpadu roztworu stałego, — przez chłodzenie stali razem z piecem lub w środowiskach źle przewodzących ciepło, jak piasek, popiół i t. d.

Wyżarzanie stali stosuje się w celu:

a) wywołania przekrystalizowania stali,

b) obniżenia twardości, ułatwiającego obróbkę mechaniczną,

c) usunięcia wewnętrznych naprężeń, które mogły powstać w czasie poprzedniej obróbki mechanicznej.

Zasadniczemi czynnikami działania przy procesie wyżarzania są: szybkość nagrzewania, wysokość temperatury ogrzewania, czas ogrzewania oraz szybkość chłodzenia.

Szybkość chłodzenia stali średnio węglistych praktyka poleca w wysokości około 200^0 C na godzinę. Z podwyższeniem zawartości węgla, szybkość chłodzenia zmniejsza się.

Należy rozróżniać następujące rodzaje wyżarzania:

a) wyżarzanie normalne t. j. ogrzewanie stali ponad punkt przemiany allotropowej Ar_3, i wtedy ten proces może spowodować zmiany w rozdziale składników strukturalnych, w ilości i wielkości ziarn.

O ile zaś po takiem wyżarzaniu (trwającem zazwyczaj pewien czas i to tem dłużej, im większa masa wyżarza się) stosowane będzie powolne chłodzenie, naprzykład wraz z piecem, lub w środowiskach źle przewodzących ciepło — to mamy proces czystego wyżarzania.

O ile zaś po wyżarzaniu przedmiot będzie stygnął na powietrzu — proces nosi nazwę — normalizowania.

Przedmioty wyżarzone posiadają budowę przekrystalizowaną; stopień ziarnistości będzie najgrubszy w razie stosowania najpowolniejszego stygnięcia (naprzykład w piecu); nieco drobniej ziarnisty

po stygnięciu w piasku i o najmniejszem stopniu ziarnistości — po ostudzeniu na powietrzu.

Studzenie w strumieniu sprężonego powietrza odnosi się do procesów hartowania.

Natomiast do procesów wyżarzania należy odnieść jeszcze:

b) wyżarzanie „na miękko", t. j. ogrzewanie stali do temperatury poniżej przemiany allotropowej. Po takiem zmiękczającem wyżarzaniu normalnie stosuje się powolne chłodzenie.

Mając na celu osiągnięcie pewnych własności wytrzymałościowych, przeprowadzono szereg rozmaitych procesów wyżarzania, aby pośród nich wybrać dający poszukiwane cechy wytrzymałościowe. Procesy te były wykonane w następującej kolejności:

a) według przepisów odbiorczych dla stali pociskowych, t. j. wyżarzanie przy 950° C i wytrzymanie próbki przy tej temperaturze w ciągu 20 minut (Tabl. III).

b) w temperaturze przy 850° C, przyjętej na mocy praktycznych danych francuskich dla stali pociskowych analogicznego składu chemicznego. Czas wyżarzania próbek „surowych" przy tej temperaturze przyjęto na podstawie wstępnych badań = 40 min.

c) wyżarzanie „na miękko".

d) „sezonowanie" prób materjału w stanie dostarczonym, materjału wyżarzonego przy 850° C i wyżarzonego „na miękko" t. zn. długotrwałe ogrzewanie stali przy niskich temperaturach (300° — 100° C).

Następną serję próbek z tych samych stali wyżarzano przy 850° C w ciągu 40 min. i chłodzono w piasku. Wyniki otrzymane podaje tablica porównawcza (p. str. 1346).

Z rezultatów tych wynika, że wyżarzanie przy 950° C powoduje obniżenie R, Q i C, a więc temperatura tego wyżarzania przekroczyła zbytnio strefę przemian i spowodowała przegrzanie. Wiadomo, że ziarna Fe—γ rosną ze wzrostem temperatury ogrzewania i ze zwiększeniem czasu ogrzewania. Przemiana allotropowa uskutecznia się wewnątrz poszczególnych ziarn „γ"—Fe, których pierwotne granice pozostają w stali wyżarzonej niezmienione.

Wyniki powyższe spowodowały zaniechanie dalszego prowadzenia procesu wyżarzania w warunkach podanych przez stare przepisy odbiorcze.

Francuskie przepisy w następujący sposób normują temperatury wyżarzania wyrobów wojennych ze stali półtwardych. Stale

Tablica porównawcza.

Rodzaj obróbki termicznej	R kg/mm²	Q kg/mm²	A %	C %	B kg/mm²	R : Q %
Stal N° 2—wyżarzono przy 950°C w ciągu 20 min. i chłodzono w piasku (dwie próbki) . . .	59,8	30,9	22,8	48,3	161	51,9
Stal N° 5 analogiczne postępowanie (dwie próbki)	56,7	30,2	21,2	52,1	163	53.4
Stal N° 2 wyżarzono przy 850° w ciągu 40 min. chłodzono w piasku (przeciętna z 4 próbek)	62,7	34,5	22,4	65,3	162	55,0
Stal N° 5 analogiczne postępowanie (2 próbki).	62,3	34,4	18,6	52,6	172	55,3

o zawartości 0,25 — 0,40% C przy 0,3—0,6% Mn, S i P = każdy około 0,04% mające R = 50 ± 5 kg/mm², Q = 32 ± 2 kg/mm² i A = 20%,— należy wyżarzać w temperaturze 825° C z powolnem chłodzeniem na powietrzu. Stale o składzie = 0,40% — 0,60%C, 0,3 — 0,6% Mn, S i P = 0,04%, mające R = 60 ± 5 kg/mm², Q = 34 ± 2 kg/mm² i A = 16%, — wyżarzać należy przy 800° również z następnem powolnem chłodzeniem na powietrzu.

Amerykańskie (3) przepisy, przyjęte przez „American Society for Testing Materials" dla wyżarzania stali węglistych poddanych obróbce mechanicznej na gorąco, polecają następujące maksymalne temperatury wyżarzania:

dla zawartości C = 0.12 — 0.25% — temp. wyżarzania 870 — 840° C,
dla zawartości C = 0.30 — 0.49% — temp. wyżarzania 840 — 815° C;

temperatury te stosują się do stali o zawartości manganu do 0.75 %. Przy obecności większej ilości manganu, temperatury wyżarzania nieco obniżają się. Dla małych kawałków stali o wyższej zawartości C = 0.5—1.0% temperatury wyżarzania są 815 – 790° C.

Drugą serję prób poddano wyżarzaniu normalizującemu.

Temperaturę ogrzewania wszystkich gatunków stali przyjęto 850° C, czas ogrzewania przy tej temperaturze wynosił 40 min. z pewnemi wyjątkami, które są podane w odpowiednich rubrykach poszczególnych tablic. Sposób chłodzenia był rozmaity—stygnięcie

powolne z piecem, w piasku i na powietrzu. Wyniki badań podano w tablicy IV.

Wynika z nich, że wszystkie cechy wytrzymałościowe materjału wyżarzonego w tych warunkach odpowiadać będą normom odbiorczym, bez względu na sposób chłodzenia (w granicach objętych badaniami), albowiem żaden materjał pociskowy nie posiada mniejszej wytrzymałości na rozerwanie od dolnej granicy przepisów odbiorczych, t. j. poniżej 52 kg/mm^2 i wydłużenia mniejszego od 18 %.

Analiza materjału liczbowego zawartego w tablicy IV pozwala na wyciągnięcie następujących wniosków:

Wyżarzanie przy 850° C w przeciągu 40 min. stali pociskowej (w zakresie badanych) polepsza wogóle własności wytrzymałościowe w porównaniu ze stanem dostarczonym — podnosi R przeciętnie o 4.0 %; Q o 8 %; A o 5.7 %; C o 13.4 %; B o 9.2 %; Q:R — o 3.3 %.

Przez chłodzenie prób wyżarzonych na powietrzu (t. zn. przez normalizowanie) podnoszą się wszystkie własności, a mianowicie: R przeciętnie o 6.8 %; Q o 15.8 %; A o 8 %; C o 16 % i B o 11.2 % w porównaniu ze stanem dostarczonym.

Przez chłodzenie prób wyżarzonych w piasku, w odniesieniu do stanu dostarczonego podnoszą się również wszystkie własności, a szczególnie wydłużenie i przewężenie przekroju, a więc wzrasta R o 3.9 %; Q o 15.4 %; A o 20.8 %; C o 28 %; B o 9 %.

Powolne chłodzenie prób wyżarzonych z piecem, wykazuje obniżenie pewnych własności, a mianowicie: obniża R o 7.1 %, Q o 16.5 % i B o 7.4 %, natomiast A podnosi się o 14 % i C o 14.2 %.

H. R. Radwan i F. Sillers (4) stwierdzili w swych badaniach, że w stalach wyżarzonych i powolnie chłodzonych na powietrzu (normalizowanych), uwidacznia się wpływ manganu tem, że perlit jest bardziej drobnoziarnisty.

Twardość Brinell'a znajduje się w ścisłym związku z zawartością węgla i innemi domieszkami. Mangan i krzem podnoszą twardość w miarę wzrostu ich zawartości w stali. Twardość zależy również od struktury i warunków stygnięcia po wyżarzeniu. Stale powolnie studzone posiadają wyraźnie zróżniczkowany perlit, są znacznie miększe od stali wyżarzonych i chłodzonych na powietrzu (normalizowanych).

Tablica IV.

Wpływ procesu wyżarzania normalnego na własności wytrzymałościowe stali pociskowych. (Temp. wyżarzania 850° C)

L. p.	Czas wyżarzania	Środek ochładzający	Własności wytrzymałościowe							
			R kg/mm²	Q kg/mm²	A %	C %	B kg/mm²	Q : R %	B : Q	C : B
	Stal L. 1.									
3	60 min.	powietrze	64.7	39.0	19.4	46.1	186			
4	"	"	66.1	38.5	18.8	48.2	184			
		średnio	65.4	38.0	19.1	47.1	185	59.4	4.76	2.47
5	"	piec	60.9	34.6	22.8	42.9	162			
6	"	"	60.6	34.6	22.8	44.3	163			
		średnio	60.7	34.6	22.8	43.6	163	57.0	4 34	1.93
7	"	piasek	65.2	35.0	21.5	58.2	178			
8	"	"	64.4	37.9	18.9	56.1	176			
		średnio	64.8	36.4	20.2	57.1	177	56.3	4.74	2.82
	Stal L. 2.									
44	40 min.	piasek	62.5	30.7	20.8	51.3	158			
45	"	"	61.2	33.8	23.3	56.7	158			
46	"	"	63.2	34.8	23.0	58.2	165			
47	"	"	64.4	36.7	21.8	57.8	165			
		średnio	62.7	34.5	22.4	55.3	162	55.0	4.68	2.47
	Stal L. 3.									
58	40 min.	piasek	65.4	35.8	19.4	52.3	181			
59	"	"	64.6	33.9	18.2	51.3	181			
60	"	"	65.0	34.8	18.2	50.9	181			
		średnio	65.0	34.8	18.6	51.5	181	53.4	5.20	2.77
	Stal L. 5.									
115	40 min.	piasek	62.5	34.0	19.0	52.2	172			
116	"	"	62.2	34.7	18.2	53.0	172			
		średnio	62.3	34 4	18.6	52.6	172	55.3	5.05	2.83
	Stal L. 6.									
119	40 min.	piec	53.6	26.8	23.7	55.4	152			
120	"	"	51.4	25.0	26.1	57.2	149			
		średnio	52.5	25.9	24.9	56.3	151	49.3	5.83	2.26

(Dalszy ciąg tablicy IV.).

L. p.	Czas wyżarzania	Środek ochładzający	Własności wytrzymałościowe							
			R kg/mm²	Q kg/mm²	A %	C %	B kg/mm²	Q:R %	B:Q	C:B
	Stal L. 6.									
121	40 min.	powietrze	55.5	30.2	19.8	47.8	159			
122	„	„	54.1	29.2	22.2	50.6	156			
		średnio	54.8	29.7	21.0	49.2	157	54.1	5.29	2.34
	Stal L. 7.									
139	40 min.	piec	52.3	26.2	25.1	62.8	142	50.3	5.43	2.48
147	„	piasek	54.1	29.8	22.3	52.3	159	55.0	5.34	2.36
148	„	powietrze	57.1	33.1	22.1	56.1	161	58.0	4.88	2.54

Stygnięcie powolne z piecem sprzyja więcej równomiernemu rozpadowi roztworu stałego. Im powolniejszem jest stygnięcie, tem grubsze tworzą się ziarna. Chłodzenie w piecu można oczywiście przeprowadzić z różnemi szybkościami, w zależności od masy przedmiotu. Normalne wyżarzanie usuwa elementy kruchości, o ile kruchość została wywołana przez pozostałe wewnętrzne naprężenia.

Wyżarzanie przy 950° C obniża ciągliwość materjału i naogół wykazuje mniejszą rozpiętość wahań właściwości wytrzymałościowych, niż wyżarzanie przy 850° C. To znaczy, że wyżarzanie w cokolwiek za wysokiej temperaturze nieco zaciemnia wpływ natury fizycznej i składu chemicznego danego materjału, a tem samem utrudnia ocenę tworzywa w czasie odbioru.

Trzecią operacją wyżarzania „na miękko" było wykonanie ogrzewania próbek „surowych" poniżej przemiany allotropowej, celem otrzymania najniższej granicy płynności i największego wydłużenia oraz większego przewężenia. Wyniki otrzymane z procesu wyżarzania „na miękko" zestawiono w tablicy V.; z nich wynika, że wytrzymałość na rozerwanie, przez wyżarzanie „na miękko" bez wyjątku dla wszystkich badanych stali obniża się, a w niektórych wypadkach, jak dla stali nr. 4, 5 i 7 spada poniżej dolnej granicy przepisów odbiorczych, osiągając mniej niż 52 kg/mm² przy chłodzeniu wraz z piecem i w piasku.

Analiza materjału liczbowego, zawartego w tablicy V daje możność stwierdzenia wpływu różnych środków chłodzenia po wyżarzeniu „na miękko" i to w stosunku do prób normalnie wyżarzonych (tablica IV) i stanu dostarczonego (tablica II).

Tablica V.

Wpływ procesu wyżarzania „na miękko" na własności wytrzymałościowe stali pociskowych (Temperatura wyżarzania 650° — 675°).

L. p.	Czas wyżarzania w godz.	Sposób chłodzenia	Własności wytrzymałościowe							
			R kg/mm²	Q kg/mm²	A %	C %	B kg/mm²	Q : A %	B : Q	C : A
	Stal L. 1.									
17	12 godz.	z piecem .	53,8	26,8	26,3	52,3	146			
18	„	„	52,4	25,0	24,8	53,7	144			
		średnio	53,1	25,9	25,6	53,0	145	48,8	5,60	2,07
29	7 godz.	w piasku .	55,5	28,2	23,7	53,2	156			
30	„	„	57,0	28,6	21,7	52,6	159			
		średnio	56,2	28,4	22,5	52,9	157	50,6	5,54	2,34
32	„	w wodzie .	57,2	32,0	21,5	52,1	163	56,0	5,10	2,41
	Stal L. 2.									
50	„	w piasku .	58,6	28,7	25,0	50,2	152			
51	„	„	57,7	27,9	26,1	50,2	149			
		średnio	58,2	28,3	25,5	50,2	151	48,6	5,34	1,97
	Stal L. 3.									
63	„	w piasku .	54,6	27,2	25,2	51,3	145			
64	„	„	53,7	26,9	24,8	50 8	146			
		średnio	54,1	27,1	25,0	51,0	145	49,9	5,36	2,03
65	„	w wodzie .	55,4	29,5	24,4	54,5	156	53,4	5,30	2,23
	Stal L. 4.									
76	„	w piasku .	50,5	25,0	26,4	50,9	139			
77	„	„	50,1	24,8	28,0	51,7	139			
78	„	„	51,6	26,0	25,2	52,2	142			
79	„	„	50,9	25,0	25,6	52,8	141			
		średnio	50,8	25,2	26,2	51,9	140	49,6	5,57	1,97
109	12 godz.	z piecem .	49,5	25,0	26,6	55,8	136			
110	„	„	50,8	24,6	24,8	57,2	140			
		średnio	50,1	24,8	25,7	56,5	138	49,2	5,57	2,20
	Stal L. 5.									
111	7 godz.	w piasku .	54,5	28,7	25,0	53,8	146	52,5	5,09	2,15
112	14 „ (675°)	z piecem -	49,4	24,4	28,2	54,8	138	49,4	5,65	1,93
113	7 godz.	w wodzie .	55,4	36,2	22,6	53,8	156	63,5	4,31	2,38
	Stal L. 6.									
134	7 godz.	w piasku .	54,0	27,1	24,7	53,8	145			
137	7 „	„	55,0	29,4	22,3	55,1	156			
		średnio	54,5	28,3	23,5	54,1	151	52,0	5,35	2,30
	Stal L. 7.									
141	12 godz.	z piecem .	52,2	25,4	24,8	59,0	143			
149	„	„	51,6	24,6	25,8	58,2	143			
		średnio	51,9	25,0	25,3	58,6	143	49,3	5,73	2,32

Chłodzenie w piasku w stosunku do stanu dostarczonego wykazało obniżenie R, B i Q do 10—12%, natomiast A i C podnoszą się o 20 — 27%, w stosunku zaś do stanu wyżarzonego przy 850° C,—R, B i Q obniżają się o 16—30%, natomiast A wzrasta do 25%.

Chłodzenie prób wyżarzonych zmiękczająco powolnie (razem z piecem) w stosunku do stanu dostarczonego obniża R, B i Q o 9—14% i podnosi A o 32%, a C o 23,5%. W stosunku zaś do stanu wyżarzonego przy 850° C wykazało: obniżenie R, B i Q o 14 — 20%, natomiast tylko nieznacznie podnosi A i C.

Chłodzenie w wodzie w porównaniu ze stanem dostarczonym wykazało nieznaczne obniżenie R, B i W; A i C wzrastają o 26—30%.

Nieznaczne podwyższenie R i Q należy przypisać sposobowi chłodzenia w porównaniu z innemi sposobami, gdyż tu właściwie odbywa się hartowanie poniżej przemiany allotropowej i spostrzegane utwardzenie zachodzi na rachunek bardzo małej ilości węgla rozpuszczonego w Fe—α. Z powyższego należy wywnioskować, że chłodzenie należy wybierać stosownie do żądanych zmian poszczególnych własności wytrzymałościowych.

Wahania własności wytrzymałościowych w procentach między min. a max. badanych stali po rozmaitem wyżarzaniu, w zależności od sposobu następnego po wyżarzaniu chłodzenia, w stosunku do minimum wahają się, jak to wyraźnie wypływa z niżej umieszczonego zestawienia dla prób materjału № 1, w następujący sposób:

Materjał Nr. 1.

Stan	R	Q	A	C	B	Q/R	B/Q	C/A
dostawy	63,1	34,9	18,1	38,1	174	55,0	4,89	2,11
„ sezonow.	59,6	32,4	19,4	48,0	166	54,3	5,14	2,47
wyżarz. 950°	66,1	30,1	20,7	49,1	174	45,4	5,78	2,37
„ 850° piec.	60,7	34,6	22,8	43,6	163	57,0	4,34	1,93
„ „ pias.	64,8	36,4	20,2	57,1	177	56,3	4,74	2,82
„ „ pow.	65,4	38,0	19,1	47,1	185	59,4	4,76	2,47
„ „ sezon.	63,9	38,0	21,6	53,6	169	59,5	4,34	2,48
„ 680° piec.	53,1	25,9	25,6	53,0	145	48,8	5,60	2,07
„ „ pias.	56,2	28,4	22,5	52,9	157	50,6	5,54	2,34
„ „ wodą	57,2	32,0	21,5	52,1	163	56,0	5,10	2,41
„ „ sezon.	52,4	25,8	26,3	53,2	149	49,5	5,74	2,02
maximum	66,1	38,0	26,3	57,1	185	59,5	5,74	2,82
minimum	52,4	25,8	18,1	38,1	149	45,5	4,34	1,93
Różn. w % do min.	26	47	45	50	24	31	32	46

Na mocy tych wyników można stwierdzić, że aby stale pociskowe w zakresie badanych t. j. o składzie chemicznym C = 0.34 — 0.42% i Mn = 0.60 — 0.80% otrzymały optymalne własności wytrzymałościowe, ogrzewać je należy przy 850° C w ciągu 40 min. i chłodzić na powietrzu lub w piasku.

Otrzymane powyżej wielkości własności wytrzymałościowych stali pociskowych po wyżarzeniu „na miękko" są podobne do wyników otrzymanych przez amerykańskich badaczy M. Pherran'a i I. Harper'a (5) na bardzo wielkich objektach przemysłowych (o ∅ 620 mm i długości 4,3 m) ze stali podeutektoidalnej, a mianowicie: stal o składzie chemicznym C = 0.45%, Mn = 0.57%, Si = 0.14% w stanie wyżarzonym przy 800°, chłodzona z piecem wykazała R = 68.5 kg/mm^2, Q = 32 kg/mm^2, A = 18%, C = 26%, ta sama stal ogrzewana przy 675° w ciągu 56 godzin i studzona w piecu miała R = 55.2 kg/mm^2, Q = 26 kg/mm^2, A = 27% i C = 42%, a po ogrzewaniu przy tejże temperaturze w ciągu 72 godzin wydłużenie zwiększyło się do 30%.

Pewna poprawa niektórych własności wytrzymałościowych (wydłużenia i przewężenia) w materjale wyżarzonym normalnie zachodzi na skutek „sezonowania", t. j. długotrwałego ogrzewania przy niskich temperaturach.

Wyniki badań prób wyżarzonych przy 850° C, następnie studzonych na powietrzu (normalizowanie), a zatem „sezonowanych" przy 140 i 200° C w ciągu 12, 24, 36 i 96 godzin zestawiono w tablicy VI; wykazują one naogół małe zmiany R i Q, A i C zaś zawsze nieco podnoszą się. Żaden materjał nie wykazał na skutek sezonowania obniżenia zasadniczych cech wytrzymałościowych poniżej dolnej granicy warunków techniczno-odbiorczych.

„Sezonowanie" surowych przewalcowanych lub kutych w zbyt wysokich temperaturach i termicznie nieobrobionych materjałów a szczególnie w zależności od warunków następującego po ukończeniu walcowania stygnięcia, może — jak udowodniły powyższe badania — podnieść wydłużenie i przewężenie, jednocześnie obniżając nieco wytrzymałość, twardość i w nieco większym stopniu granicę płynności.

„Sezonowanie" prób wyżarzonych przy 675° C — przedstawia tabl. VII.

Próby w stanie dostarczonym poddane „sezonowaniu" przy 280° C (w ciągu 450 godzin) — tabl. VIII — wykazały znacznie mniejsze

Tablica VI.

„Sezonowanie" prób wyżarzonych przy 850° C — 40 min. i chłodzonych na powietrzu (normalizowanych).

L. p. prób bad.	Temp. „sezonowania"	Czas sezonowania w godz.	R kg/mm²	Q kg/mm²	A %	C %	B kg/mm²	Q : R %	B : Q	C : A
	Stal L. 1.									
9, 10	200° C	12	65,7	39,1	21,8	48,0	173	59,5	4,43	2,20
11, 12	„	24	64,7	38,9	19,8	48,8	171	61,1	4,41	2,31
13, 14	„	48	63,9	38,0	21,6	53,6	169	59,5	4,34	2,48
15, 16	140° C	12	63,4	38,2	21,2	48,5	173	60,4	4,54	2,28
17, 18	„	24	64,3	38,4	22,3	52,4	172	60,6	4,45	2,34
19, 20	„	36	65,4	39,0	19,9	49,5	172	60,0	4,30	2,48
21, 22	„	96	66,3	39,1	22,0	51,6	170	59,8	4,39	2,34
	Stal L. 6.									
155 a, b.	200° C	77	54,2	29,8	23,2	56,3	151	54,9	5,08	2,42
	Stal L. 7.									
140	„	77	53,8	27,9	22,5	56,6	152	51,8	5,45	2,51

Tablica VII.

„Sezonowanie" prób wyżarzonych przy 675° C — 7 godz. i chłodzonych w piasku.

L. p.	Warunki sezonowania	R kg/mm²	Q kg/mm²	A %	C %	B kg/mm²	Q : R %	B : Q	C : A
	Stal L. 1.								
13a,b	210°C—450 godz.	52,4	25,8	26,3	53,2	149	49,5	5,74	20,2
	Stal L. 3.								
66a,b	210°C—450 godz.	54,3	27,0	24,7	56,1	153	51,3	5,50	2,26
	Stal L. 5.								
89,90	210°C—450 godz.	49,5	24,1	28,2	55,6	136	48,8	5,60	1,95

Tablica VIII.

„Sezonowanie" prób termicznie nieobrobionych (stan dostarczenia).

L. p.	Warunki sezonowania	R kg/mm²	Q kg/mm²	A %	C %	B kg/mm²	Q : R %	B : Q	C : A
	Stal L. 1.								
31a,b	280°C—450 godz.	59,6	32,4	19,4	48,0	166	54,3	5,14	2,47
	Stal L. 2.								
52a,b	280°C—450 godz.	60,8	29,4	20,2	48,3	162	48,8	5,53	2,41
	Stal L. 3.								
69a,b	280°C—450 godz.	61,8	29,7	17,4	45,4	161	48,2	5,46	2,61
	Stal L. 4.								
80a,b	280°C—450 godz.	56,8	26,0	25,4	50,8	154	45,8	5,91	2,00

oscylacje między krańcowemi jego wielkościami. To znaczy, że „sezonowanie" zwiększa zwięzłość materjału, mierzoną przez odporność na uderzenie, częściowo przez wydłużenie i przewężenie, w każdym wypadku, kiedy obserwowany materjał, czy to po jakiejkolwiek obróbce termicznej, czy bezpośrednio po wywalcowaniu — przekroczy również za prędko*) zakres temperatur poniżej 400° C aż do zwyczajnych.

Proces termicznego ulepszania.

Badania systematyczne zmian, jakie wywołuje hartowanie we własnościach wytrzymałościowych, zakrojone na szeroką skalę i poparte statystyką, należą do stosunkowo niedawnych zdobyczy wiedzy metaloznawczej.

Charpy (6) może pierwszy ogłosił całość wyników badań i dokładnie określił znaczny wpływ składu chemicznego na proces hartowania. Streszczając działanie hartowania na własności wytrzymałościowe, Charpy powiada, że obróbka ta podnosi wytrzymałość na rozerwanie, granicę płynności, twardość, wyrażoną w jednostkach Brinell'a — zmniejsza zaś wydłużenie, przewężenie i odporność na uderzenie.

*) Prawidłowiej — z nieodpowiedniemi szybkościami.

Tak się rzecz ma w wypadku stali węglistych. Wpływ hartowania w wysokim stopniu zmienia się ze składem chemicznym stali, a przedewszystkiem zależy od zawartości węgla i manganu.

Z badań A. Portevin'a (7) nad stalami pociskowemi wynika, że po zwykłem hartowaniu tworzą się w pocisku trzy pasy na przekroju próbki, a mianowicie:

a) pas zewnętrzny twardy, który posiada budowę czysto martenzytyczną — pas ten nazywa Portevin — „strefą hartowania na twardo".

b) pas wewnętrzny, mniej twardy, posiadający jedynie budowę troostytową bez martenzytu, nazwany przez Portevin'a „strefą hartowania na miękko".

c) pas środkowy, lub strefa przejściowa między dwiema poprzedniemi strukturami. Przez odpuszczanie różnica w twardości poszczególnych stref zmniejsza się, ale postacie mikrobudowy stref hartowanych na twardo i na miękko ciągle pozostają różne i przy silnych powiększeniach mogą być rozróżnione.

Termiczne ulepszanie, któremu poddano próbki, składało się z dwóch lub więcej następujących po sobie procesów, wykonywanych na tej samej próbce.

Hartowanie odbywało się od temperatury 850° C, odpuszczanie zaś uskuteczniano przy różnych temperaturach i różnym czasie wytrzymania. Przy hartowaniu próbek zwrócono uwagę na jednostajność warunków hartowania. Ogrzewanie dla wszystkich próbek odbywało się przy 850° C bez wyjątku, początkowo przy różnym czasie, nieco zaś później ustalono ten czas na 40 min. Każdą próbkę zosobna wyciągano suchemi szczypcami, natychmiast zanurzano pionowo w naczynie z wodą i poruszano zanurzoną zupełnie próbkę kilka sekund w wodzie. Temperatura wody nie przekraczała 25—28° C. Z powodu małej pojemności komory pieca elektrycznego, a głównie ze względu na równomierność ogrzewania całej powierzchni poszczególnych próbek, ogrzewano równocześnie zaledwie 5—6 próbek. Wskutek tak małej ilości próbek, temperatura wody w naczyniu podnosiła się nieznacznie i woda nie musiała być zmienianą. Próbki wyjmowano z kąpieli zupełnie zimne. Wobec powyższego postępowania z próbkami można przyjąć, że równomierność chłodzenia rozciągała się jednakowo na całą powierzchnię poszczególnych próbek.

Zimne próbki poprzednio zahartowane poddawano procesowi odpuszczania w tym samym piecu, w którvm ogrzewały się próbki do hartowania. Po obniżeniu się temperatury poniżej pewnego minimum podgrzewano piec stopniowo do pożądanej temperatury i wytrzymywano w niej próbki pewien zgóry określony czas. Następnie studzono je w wodzie o temperaturze około 100°, w wodzie letniej, czasem w piasku lub na powietrzu. Sposób chłodzenia po odpuszczaniu również odgrywa pewną rolę.

Odpuszczanie uskuteczniano przy różnych temperaturach: 400, 450, 500, 600, 650° C, w czasie 15, 30 i 60 minut; większa ilość prób uległa odpuszczaniu przy różnych temperaturach w ciągu 30 minut. Wyniki wyszczególnione są w tablicy IX.

Ogólne granice, w których wahają się własności wytrzymałościowe termicznie ulepszonych badanych stali, są następujące:

minimum	maximum	Różnice między min. a max. wyrażone w % w stosunku do minim.
R = 80,2 kg/mm²	R = 97,2 kg/mm²	21,1%
Q = 53,6 kg/mm²	Q = 76,0 „	41,8 „
A = 8,1%	A = 14,2%	75.2 „
C = 42,2%	C = 67,3%	59,5 „
B = 224 kg/mm²	B = 310 kg/mm²	38,3 „
Q : R = 69,9%	Q : R = 79,9%	14,3 „
B : Q = 3,70	B : R = 4,25	14,8 „
C : A = 3,84	C : A = 6,15	60,2 „
R : B = 31,6%	R : B = 35,8	13,3 „

Stosunek R : B jest miarą utwardzenia środka lub powierzchni próbki hartowanej, przyjęty według badań Portevin'a i Nead'a (7), u których dla stali węglistych używanych w praktyce, od najmiększych do najtwardszych waha się między 14—83%, dla badanych zaś stali pociskowych wahanie to wynosi, jak wynika z powyższego zestawienia, od 31—36%.

Segregując materjał liczbowy zawarty w tablicy IX według temperatury odpuszczania i czasu trwania tegoż, dochodzi się do wniosku, że najkorzystniejsze własności wytrzymałościowe badanych stali pociskowych, t. zn. odpowiadające warunkom odbiorczym w największym stopniu, wykazuje odpuszczanie przy 400 i 450° C dla składu chemicznego w badanym zakresie. Przyrost lub obniżenie wartości własności wytrzymałościowych stali pociskowych termicz-

Tablica IX.

Wpływ termicznego ulepszania na własności wytrzymałościowe stali pociskowych (Temperatura hartowania 850° C).

L. p.	Temp. odpuszczania w °C	Czas odpuszczania w min.	Chłodzenie po odpuszczaniu	Własności wytrzymałościowe								
				R kg/mm²	Q kg/mm²	A %	C %	B kg/mm²	Q : R %	B:Q	C:A	R:B %
			Stal L. 1.									
38	650	30	w wodzie 25-28°	87,8	65,2	13,8	58,6	262				
39				89,2	68,0	13,2	58,2	266				
			średnio	88,5	66,6	13,5	58,4	264	75,7	3,96	4,32	33,4
25	600	30	w wodzie 25-28°	92,7	73,2	11,6	58,2	276				
26				94,0	76,0	11,6	59,3	280				
			średnio	93,4	74,6	11,6	58,7	278	79,9	3,72	5,16	33,5
36	600	60	w wodzie 100°C	90,2	70,1	12,8	57,2	268				
37				89,9	69,2	12,8	58,0	266				
			średnio	90,0	69,5	12,8	57,6	267	77,3	3,82	4,45	33,8
34	450	30	w wodzie 25-28°	96,1	71,8	8,8	42,2	302				
35				97,2	72,1	8,6	43,0	310				
			średnio	96,6	71,9	8,7	42,6	306	74,6	4,25	4,79	31,6
			Stal L. 2.									
48	600	30	w wodzie 25-28°	82,0	63,0	14,0	59,6	268				
49			„ „	86,5	64,8	13,4	62,0	270				
			średnio	84,3	63,9	13,7	60,8	269	75,9	4,20	4,43	31,7
			Stal L. 3.									
61	600	30	w wodzie 25-28°	91,3	68,0	11,7	56,7	277				
62			„ „	89,7	66,5	14,4	58.2	269				
			średnio	90,5	67,3	13,7	57,2	273	74,5	4,10	4,36	32,8
67	450	30	w wodzie 25-28°	94,7	69,5	11,3	50,3	277				
68			„ „	96,7	72,3	10,2	52,2	281				
			średnio	95,7	70,9	10,7	51.3	279	74,1	3,94	4,80	34,5
			Stal L. 4.									
74	600	30	w wodzie 25-28°	81,5	60,3	13,7	62,3	241				
75			„ „	84,2	61,9	13,4	60,9	255				
			średnio	82,9	61,1	13,5	61,9	248	73,9	4,00	4,50	33,0

c. d. T. IX.

L. p.	Temp. odpuszczania w °C	Czas odpuszczania w min	Chłodzenie po odpuszczaniu	Własności wytrzymałościowe								
				R kg/mm²	Q kg/mm²	A %	C %	B kg/mm²	Q : R %	B : Q	C : A	R : B %
81	450	30	w wodzie 25-28°	93,8	65,4	11,4	50,8	276				
82				91,2	62.8	12,1	53,8	262				
			średnio	92,5	64,1	11,7	51,9	269	69,9	4.20	4,45	34.2
			Stal L. 5.									
97	500	30	w wodzie 25-28°	80,2	57,3	14,2	67,3	238				
98			" "	82,3	60,4	13,7	58,8	246				
			średnio	81,2	59,4	13,9	63,1	242	73,6	4,09	4.51	33,6
99	500	15		81,3	59,3	11,7	57,2	238				
100				83,1	60,3	13,4	58,2	248				
			średnio	82,2	59,8	12,6	57,7	243	72,5	4,08	4,58	35,8
105	600	60	w wodzie 100 C°	82,3	58,2	12,5	55,2	243				
106				78,1	53,6	12,1	54,2	224				
			średnio	80,2	55,9	12,3	54,7	234	69,9	4,19	4,41	34,2
96	500	30	w wodzie 25-28°	84,4	59,0	12,1	52.7	255				
97	"	"	" "	84,3	60,3	13,0	54,7	253				
102	"	"	" "	82,3	60,3	13,6	53,8	248				
103	"	"	" "	83.7	63,6	12,1	54,5	251				
			średnio	83,4	60,8	12,6	53,4	252	74,0	4,15	4,21	32,8
101	500	15		86,7	62,7	14,2	44,7	258				
102				84,0	62,0	13,0	48,0	246				
			średnio	85,8	62,3	13.6	46,8	253	72,8	4,06	3,93	34,8
			Stal L. 6									
130	500	30	w wodzie 25-28°	89,1	65,9	13,4	56,0	262				
131				84,3	61.7	13,6	50,2	248				
			średnio	86,2	63,6	13,5	53,6	255	73,8	4,03	3,98	33,8
125	500	15	w wodzie 25-28°	89,8	66,8	13,1	52,1	265	74,4	4.00	3.84	33,9
126	400	30	" "	96,0	72,2	10,0	49,0	288				
127	"	"	" "	91,0	69,0	8.8	49,6	271				
			średnio	93,5	70,6	9,4	49,3	279	75,7	3,99	5,24	33,5
123	450	30		89,5	70,0	8,1	50,1	269	78,1	3.84	6,15	33,2
			Stal L. 7.									
162	600	30	w wodzie 25-28°	81,2	62,4	12,1	52,3	243	76,8	3,90	4,34	33,1
163	500	"	" "	86,4	68,8	9,9	55,2	248	79,8	3,70	5,58	34,8
164	450	"	" "	87,1	69,2	9,4	51,4	255	78,1	3,71	5,40	34,7

Tablica X.

„Sezonowanie" prób termicznie ulepszonych stali pociskowych.

L. p.	Rodzaj obróbki i warunki „Sezonowania"	R kg/mm²	Q kg/mm²	A %	C %	B kg/mm²	Q : R %	B : Q	C : A
	Stal L. 5.								
107	Hartowane od 850°C — 20 min. w wodzie 25 — 28° C, odpuszcz. przy 450° C—30 min. następnie chłodzone w wodzie i sezonow. przy 210° C w ciągu 450 godz.	83,0	60,2	12,6	55,3	246			
108		82,6	59,8	12,8	54,7	239			
		82,8	60,0	12,7	55,0	242	72,5	4,03	4,33
	Stal L. 6.								
128	Hartowane, jak powyżej, odpuszcz. przy 450° C—30 min. i chłodzone w wodzie, następnie „sezonowane" przy 270° C w ciągu 300 godzin.	89,3	65,8	11,2	54,4	252			
129		89,3	65,5	12,6	52,1	250			
		89,3	65,7	11,9	53,2	251	74,5	3,82	4,45
132	To samo, lecz bez odpuszcz. sezonowano przy 270°C—450 godz.	88,5	68,3	8,2	43,2	262			
		87,0	67,7	8,7	53,2	255			
		87,7	68,0	8,4	48,2	258	77,5	3,80	5,72
156a	Hartow. od 850°C — 20 min. odpuszcz. przy 500°C— 30 min. chłodzone w wodzie następnie sezonowano przy 200° C w ciągu 77 godz.	78,5	55,5	12,7	56,7	225	70,6	4,06	4,46
159	To samo, lecz odpuszczano przy 400° C, chłodz. w wodzie i sezonow. przy 200°C w ciągu 77 godz. . .	86,1	59,2	12,2	52,1	265	69,0	4,43	4,26
	Stal L. 7.								
145	Hartowano, jak powyżej, odpuszcz. przy 500° — 30 min., chłodzono w wodzie i sezonowano przy 200°C —77 godz.	77,5	55,2	14,7	57,1	229	71,2	4,15	4,04
143	To samo postępowanie, lecz odpuszczanie odbywało się przy 400°C—30 min. . .	84,2	62,8	11,2	56,3	234	74,3	3,76	5.08

nie ulepszonych, wyrażone w procentach w stosunku do stanu wyżarzonego normalnie (przy 850° C) w zależności od temperatury odpuszczania wykazuje poniższe zestawienie.

Odpuszczanie w temp. 650 — 400° w ciągu 30 min. z następnym chłodzeniem w wodzie (+25 do +28°) podnosi (+) lub obniża (—) w % w stosunku do stanu wyżarzonego przy 850° w następujący sposób:

	650°	600°	500°	450°	400°
R	+35	+36	+42	+ 56	+ 83
Q	+75	+82	+98	+106	+169
A	—38	—53	—58	—145	—165
C	+24	+ 7	+ 5	— 2	— 28
B	+48	+51	+56	+ 60	+ 94
Q : R	+27	+34	+35	+ 45	+ 51
B : Q	—20	—21	—23	— 37	— 39
C : A	+79	+64	+61	+110	+140

Ponadto przeprowadzono próby badania wpływu „sezonowania" na własności wytrzymałościowe stali pociskowych termicznie ulepszonych, wyniki których zestawiono w tablicy X. Widać z tych danych, że „sezonowanie" nawet termicznie ulepszonych prób, dla których zakres temperatur bliskich do zwyczajnych był przekroczony zbyt szybko, obniża R przeciętnie o 3%, Q — o 11%, B — o 4%, natomiast podnosi A o 16% i C o 5%. Jednocześnie wzrasta odporność materjału na obciążenia dynamiczne (zwięzłość) czyli — zakres kruchości na zimno w dalszym ciągu przesuwa się do temperatur nieco niższych.

Mikrofotografje № 13, 14, 15 (str. 1384) w pow. 200-krotnem przedstawiają mikrobudowę stali Nr. 7 termicznie ulepszonej. Różnica polega na zastosowaniu różnych temperatur odpuszczania, a mianowicie — mikrofotogr. Nr. 13 przedstawia budowę hartowaną i odpuszczaną w temp .525°, mikrofotografja Nr. 14 w 600° i mikrofotografja Nr. 15 w 675°, czas odpuszczania trwał za każdym razem 30 min. Właściwości wytrzymałościowe tych prób były następujące:

Temper. odpuszcz.	Lp.	R	Q	A	C	B	Q : R	B : Q	C : A
525°	176	94,2	72,6	10,4	48,7	285			
	177	92,2	69,2	10,8	49,5	277			
	przeciętnie	93,2	70,9	10,8	49,1	281	75,8	3,98	4,51
600°	178	91,0	70,7	10,9	54,3	269			
	179	88,7	68,1	12,1	60,5	262			
	przeciętnie	89,8	69,4	11,5	57,4	265	77,1	3,78	4,97
675°	180	80,6	60,3	15,4	61,3	241			
	181	81,0	62,1	15,0	64,0	243			
	przeciętnie	80,8	61,2	15,2	62,6	242	75,7	3,95	4,12

II.

BADANIA WŁASNOŚCI SPRĘŻYSTYCH.

Określenie granicy sprężystości przy badaniu prób na rozerwanie z dokładnym pomiarem wydłużenia odbywa się przy użyciu ekstensometru lusterkowego Martens'a lub innego (Joung, Cambridge, Martens-Kennedy), zapomocą których mierzy się bardzo dokładnie wydłużenia długości pomiarowej próbki, będącej pod obciążeniem. Istnieje również przyrząd do określenia granicy sprężystości (S) i spółczynnika sprężystości (E) wprost na manometrze — jest nim aparat Guillery.

Rozciąganie próbki powoduje odkształcenie metalu na zimno. Po puszczeniu maszyny probierczej w ruch próbka umocowana w uchwytach maszyny doznaje szeregu zmian pod wpływem stopniowo wzrastającego obciążenia.

Granica proporcjonalności (P) jest obciążeniem, powyżej którego jednostkowe wydłużenia sprężyste przestają być proporcjonalnemi do wzrostu obciążeń. Punkt tej granicy leży na końcu linji ściśle prostej idącej od zera. W tym zakresie większość tworzyw ulega prawu Hooke'a.

Przy dalszym wzroście obciążenia tworzywo przechodzi w stan wydłużeń niesprężystych, chociaż jeszcze bardzo nieznacznych. Po

pierwszem zjawieniu się nieznacznych niesprężystych wydłużeń powstają t. zw. wydłużenia mieszane. Obciążenie, odpowiadające wydłużeniu niesprężystemu równemu 0,001% czyli 0,00001 długości pomiarowej próbki nazywa się *granicą sprężystości* (S kg/mm^2). Granica ta jest niedostrzegalna na wykresie. Tę wartość przyjęto na kongresie w Brukseli 1906 (2) oraz wprowadzono do francuskich przepisów odbiorczych materjałów wojskowych dla aeronautyki *). Tę samą wartość podaje O. Wawrzeniok (8) który zaznacza, że podawane przez niektóre przepisy określenie tej wartości, jako obciążenie, po którem pozostaje 0,003% wydłużenia próbki jest stanowczo za wysokie. Autor ten zwraca uwagę, że ze względu na trudność określenia punktu, któremu odpowiada granica sprężystości, w praktyce zwykle za mało mu się poświęca uwagi. Ze względu na trudności określenia granicy sprężystości, w praktyce dość często oznaczają granicę proporcjonalności (P) i sprężystości (S) jako identyczne wielkości, chociaż według natury rzeczy są one różne i od siebie niezależne.

Przy dalszym wzroście obciążenia powstają już wydłużenia nieproporcjonalne do obciążeń, chociaż jeszcze bardzo nieznaczne. Krzywa wykresu pochyla się, a potem nagle załamuje lub spłaszcza się i biegnie pewien czas równolegle do osi wydłużeń, t. j. podstawy wykresu. W tym punkcie zaczyna się okres płynności (plastyczności) tworzywa, t. zn. przyrost wydłużeń nieproporcjonalnych, nieraz dość znacznych, co zauważa się na tarczy manometru maszyny przez chwilowe zatrzymanie się wskazówki — metal płynie.

W tym punkcie materjały mało i średnio-węgliste wyżarzone i znormalizowane wykazują bardzo wyraźne zatrzymanie, u stali zaś hartowanych lub zgniecionych na zimno i niezrekrystalizowanych, zatrzymanie to trudno spostrzec; u stali zgniecionych i zestarzonych przystanek ten znowu zjawia się wyraźnie (wskazuje to na niestałość wpływu zgniotu). W tym okresie odkształcenia próbki na powierzchni starannie wypolerowanej powstają w kierunku od działającego obciążenia pod kątem 45^0 ukośne linje Hartmann'a lub Lüders'a (linje płynności).

Jeżeli powierzchnia próbki pokryta jest tlenkiem, wtedy po osiągnięciu granicy sprężystości powłoka tlenku odskakuje wzdłuż tych linij wyraźnie zaznaczając ich zarysy.

---

*) Franc. Kom. Norm. przyjęła wartość wydłużenia trwałego = $^1/_{500}$ pierwotnej długości (przyp. red.).

Obciążenie, odpowiadające granicy płynności (Q kg/mm^2), stanowi punkt zwrotu ciągłego wzrostu obciążenia, które w tym punkcie może trwać przy dalszym wzroście wydłużeń nieraz dość długo.

Heyn i Wawrzeniok (8) zwracają uwagę na to, że wartość granicy płynności nie zawsze jest przez maszynę na wykresie pewnie oznaczona, dlatego dla pewności przyjmuje się to obciążenie, które wywołuje 0,2% wydłużenia pomiarowej długości próbki.

Po przekroczeniu granicy sprężystości metal ulega odkształceniom plastycznym, a plastyczność metalu jest bezpośrednio związana z jego zdolnością do tworzenia płaszczyzn poślizgu. Im więcej tych płaszczyzn poślizgu znajduje się w siatce przestrzennej metalu, w tym większym stopniu metal jest plastyczny — sprawę tę traktują różne teorje odmiennie, np. teorje Tammann'a, Czochralskiego, Bielby, Smits'a i inne (1).

Przy badaniach prób na rozerwanie starają się z wielką dokładnością określić obciążenie rozrywające. Po osiągnięciu granicy płynności próbka w miejscu przewężenia staje się pomarszczoną i pofałdowaną na skutek tego, że własności kryształów w różnych kierunkach krystalograficznych nie są jednakowe. Im materjał jest więcej ziarnisty, tem wyraźniej występuje to zjawisko.

Pewne maksymalne obciążenie, wywołujące rozerwanie próbki, jest miarą wytrzymałości badanego tworzywa (R kg/mm^2). Przy badaniach poniższych korzystano z ekstensometru lusterkowego Martens'a i prasy hydraulicznej 30-tonnowej Amsler'a.

Do badania własności sprężystych stali pociskowych użyto dwóch gatunków stali — stale N.6 i N.7. Po przeprowadzeniu różnych procesów obróbki termicznej na próbkach „surowych", które to procesy wyszczególnione są w tablicach XI, XII, XIII, przygotowano próbki, według wzoru Nr. 8 norm wojskowych.

Po obraniu właściwego wymiaru długości pomiarowej (w danym wypadku 100 mm) nakreślono na próbce cienką kołową ryskę („a" : „a") w odległości połowy długości pomiarowej od środka próbki t. j. 50 mm, która służyć miała do oparcia szczęk i lusterek z nożami. Głębokość ryski nie przekraczała 0,05 mm.

Długość pomiarowa wynosiła więc 100 mm, przekrój roboczy średnicy mierzono w pięciu miejscach z dokładnością 0,01 mm i brano do obliczenia średnią. Temperatura otoczenia była prawie jednakowa z temperaturą przyrządu, gdyż dłuższy czas manipulowało się przy ustawianiu próbek i nastawianiu skal na ostro.

Liczby otrzymane na podstawie odczytów skal ekstensometru Martens'a, przeliczone odpowiednim wzorem, służyły do wykreślenia

Tablica XI.

Wyniki badań własności sprężystych stali pociskowej L. 7. w stanie dostarczonym i wyżarzonym.

L. p.	Rodzaj obróbki	Własności wytrzymałościowe									
		R kg/mm²	Q kg/mm²	Ga kg/mm²	P kg/mm²	Ga : R %	Ga—P kg/mm²	A %	C %	B kg/mm²	Q : R %
146	**Stan dostarczony**	50,2	25,3	15,8	13,1	31,4	2,7	16,1	55,8	131	50,4
	Stan wyżarzony										
147	Wyżarzona przy 850 °C 40 min, chłodzona w piasku.	54,1	29,8	18,5	16,2	34,4	2,3	21,3	52,3	160	55,0
139	To samo, lecz chłodzona z piecem.	54,0	26,2	21,5	17,2	38,4	4,3	29,1	42,9	166	48,2
148	To samo, lecz chłodzona na powietrzu (normalizowana).	57,1	33,1	24,5	20,9	42,9	3,6	23,1	42.6	170	57,8
140	To samo wyżarzanie chłodz. w piasku i „sezonowanie" przy 200° — 77 godz.	51,6	24,9	19,7	16,1	36,6	3,6	25,2	58,2	143	52,3
149	Wyżarzona na „miękko" przy 650° — 12 godz. chłodzona z piecem.	51,6	24,6	16,7	13,5	32,4	3,2	25,8	58,2	143	48,0
112	Wyżarzona na „miękko" przy 675° — 14 godz. chłodzona z piecem.	49,4	24,4	16,1	12,9	32,6	3,2	28,2	54,8	138	49,4
209	Umiękczono według sposobu S. Schimura i H. Esser'a.	44,8	29,0	23,8	19.5	53,0	4,3	24,3	63,2	122	65

Tablica XII.

Własności sprężyste stali pociskowej L. 7 w stanie termicznie ulepszonym.

L. p.	Rodzaj obróbki	Własności wytrzymałościowe									
		R kg/mm²	Q kg/mm²	Ga kg/mm²	P kg/mm²	Ga : R %	Ga - P kg/mm²	A %	C %	B kg/mm²	Q : R %
150	Hartow. od 850° C—40 min. w wodzie 25 — 28° C—odpuszcz. przy 600° C — 30 min., chłodzona w piasku.	70,5	48,6	26,7	22,5	38,1	4,2	11,4	58.9	212	69,0
151	To samo, lecz odpuszcz. przy 400°—30m. chłodzona w piasku.	86,1	68,9	32,2	29,5	31,3	2,7	8,1	58.8	255	79,9
142	Hartow. od 850° 20 m. odpuszcz. przy 500° C — 30 min chłodzon. w wodzie.	80,2	62,4	38,0	31,2	47,4	6,7	13,4	52,1	247	77,7
143	To samo, lecz sezonowano przy 200°C—77 godz.	77,5	55,2	28,5	22,7	36,4	5,8	14,7	57,1	219	71,3
144	Hartow. od 850° 20 m. odpuszcz. przy 400° — 30 m. chłodzono w wodzie.	86,4	68,8	41,2	35,4	48,2	5,8	9,5	51,1	255	79,7
145	To samo, lecz sezonowano przy 200° — 77 godz.	84,2	62,5	24,7	20,5	29,2	4,2	11,4	55,3	234	74,3
152	Hartow. od 850° w ciągu 3 sek. w wodzie i następnie chłodzono w piasku (ulepszanie namiastkowe).	67,3	47,7	31,1	25,0	46,1	6,1	15,1	57,6	197	70,8
153	To samo, lecz w ciągu 5 sek. (ulepszanie namiastkowe).	66,3	43,9	26,8	21,2	40,4	4,6	12,6	58,9	187	65,8

Tablica XIII.

Wyniki badań własności sprężystych stali pociskowej L. 6. w stanie wyżarzonym i termicznie ulepszonym.

L. p.	Rodzaj obróbki	Własności wytrzymałościowe									
		R kg/mm²	Q kg/mm²	Ga kg/mm²	P kg/mm²	Ga : R %	Ga—P kg/mm²	A %	C %	B kg/mm²	Q : R %
	Stan wyżarzony:										
154	Wyżarzono przy 850° — 40 min. chłodzona z piecem	54,2	29,8	24,2	18,5	45,0	5,8	22,5	56,6	159	55,0
155	To samo, lecz chłodzona w piasku i sezonowana przy 200°C—77 godzin	52,5	25,9	18,7	15,8	35,0	2,9	24,8	59,4	151	49,4
	Stan termicznie ulepszony:										
156	Hartow. od 850° — 20 m. woda 25 — 28° C, odpuszcz. przy 500°—30 min. i chłodzono w wodzie	79,8	66,8	43,5	37,8	54,4	5,7	12,1	52,1	229	73,6
157	To samo, lecz sezonowano przy 200° C — 77 godz.	78,5	55,5	25,2	20,6	32,1	5,4	12,3	56,7	225	71,1
158	Hartow. to samo, lecz odpuszcz. przy 400° C — 30 min. chłodzono w wodzie	89,5	70,0	46,8	38,2	52,3	8,4	8,1	55,2	268	77,5
159	To samo, lecz sezonowano przy 200° C — 77 godz.	86,1	59,5	34,4	29,2	28,9	4,2	12,2	62,1	2[illegible]2	69,6

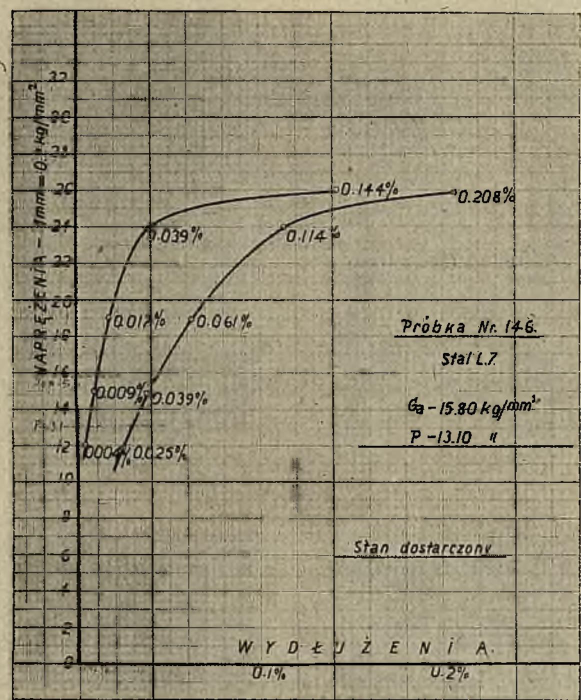
krzywych wydłużeń trwałych i całkowitych w zakresie badania każdej próbki zosobna.

Zkolei rozpatrzymy zmiany granicy sprężystości — Ga *) i gra-

*) Ga = polska granica sprężystości—artyleryjska 0,01%.

nicy proporcjonalności (P) w badanych próbkach w związku z budową nadaną przez obróbkę termiczną.

Próbka Nr. 146. — ze stali Nr. 7 w stanie dostarczenia wykazała P = 13,1 kg/mm², Ga = 15,8 kg/mm², wartości niskie, gdyż walcowania dla tej stali ukończono w zbyt wysokiej temperaturze, na co wskazuje mikrofotogr. 1 — budowa Widmannstätten'a. Złom



Wykres Nr. 1.

był matowy, ziarnisto haczykowaty. Wykres własności sprężystych przedstawia wykres Nr. 1.

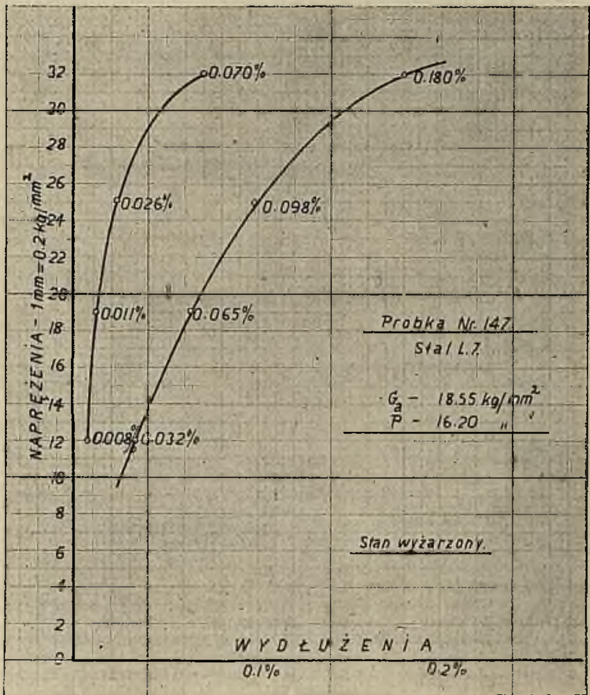
Próbka Nr. 154 ze stali Nr. 6 poddana wyżarzaniu (przy 850° C w ciągu 40 min. Chłodzona była powolnie z piecem), wykazała P = 18,5 kg/mm², Ga = 24,2 kg/mm².

Budowa uwidoczniona na mikrofotografji 5 (p. str. 1369) wykazuje równomierne rozmieszczenie ziarn perlitu na tle ferrytu, oraz nieznaczne wtrącenia żużlowe.

Próbka Nr. 139 ze stali Nr. 7, obrobiona termicznie analogicznie jak i próbka Nr. 154, wykazała większą ciągliwość w porów-

naniu ze stanem dostarczonym (próbka Nr. 146): daje P = 17,2 kg/mm², Ga = 21,5 kg/mm².

Próbka Nr. 148 (stal Nr. 7) wyżarzona w tych samych warunkach, co i dwie poprzednie, lecz chłodzona na powietrzu (t. zn. normalizowana) wykazała dość podwyższoną P = 20,9 kg/mm² i Ga = 24,5 kg/mm², budowa zaś jej wykazuje drobną strukturę.



Wykres Nr. 2.

Próbka Nr. 147 (stal Nr. 7) analogicznie wyżarzona, lecz chłodzona w piasku, wykazała P = 16,2 kg/mm², Ga = 18,5 kg/mm²; mikrobudowa przedstawiona na mikrofotogr. 6, własności sprężyste na wykresie Nr. 2.

Próbka Nr. 140 (stal Nr. 7) i **próbka Nr. 155** (stal Nr. 6) były wyżarzone przy 850° C i chłodzone w piasku, następnie „sezonowane" przy temperaturze 200° C w ciągu 77 godzin; pierwsza wykazała P = 16,1 kg/mm², Ga = 19,7 kg/mm², druga P = 15,8 kg/mm², Ga = 18,7 kg/mm²; sezonowanie obniża wartości sprężyste.



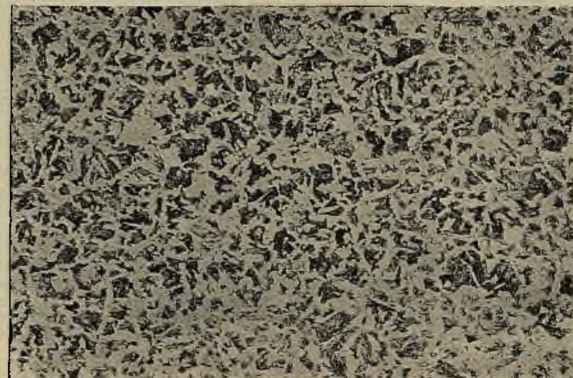
Fot. 5. 100 × Chłodzenie z piecem.



Fot. 6. 100 × Chłodzenie w piasku.



Fot. 7. 100 ×



Fot. 8. 100 ×

Stan wyżarzony.

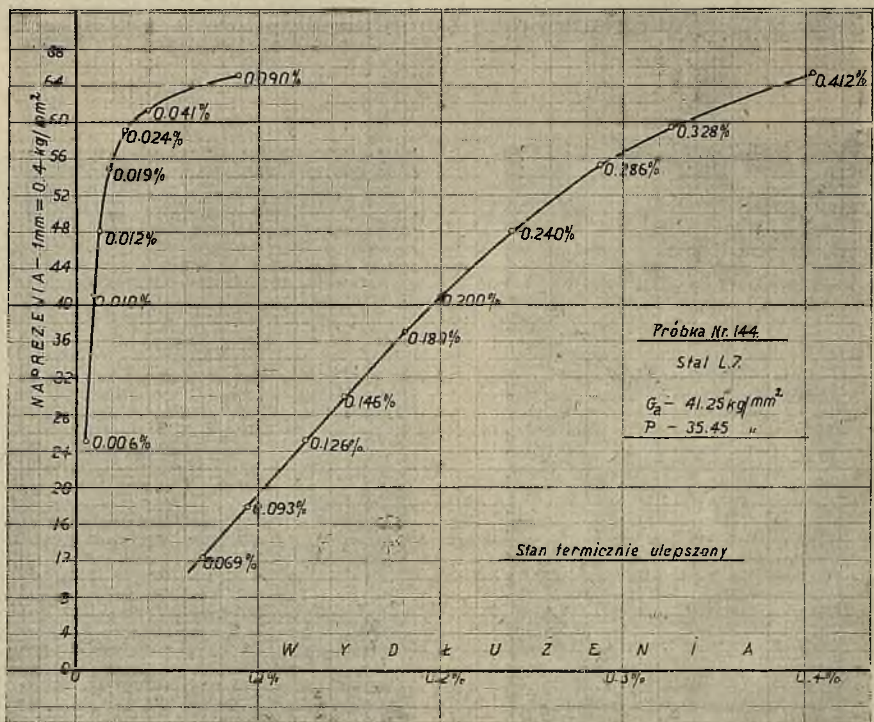
Próbka Nr. 149. Wyżarzona „na miękko" t. j. przy 650° C w ciągu 12 godzin i chłodzona z piecem wykazała P = 13,5 kg/mm² i Ga = 16,7 kg/mm², a więc prawie tak, jak i w stanie dostarczonym.

W stosunku do stanu dostarczonego wahania wynoszą dla R = maximum 7,1 kg/mm² czyli 14,1%. Natomiast dla Ga wynoszą te wahania w stosunku do stanu dostarczonego 8,7 kg/mm² czyli 55%. Na to należy położyć pewien nacisk.

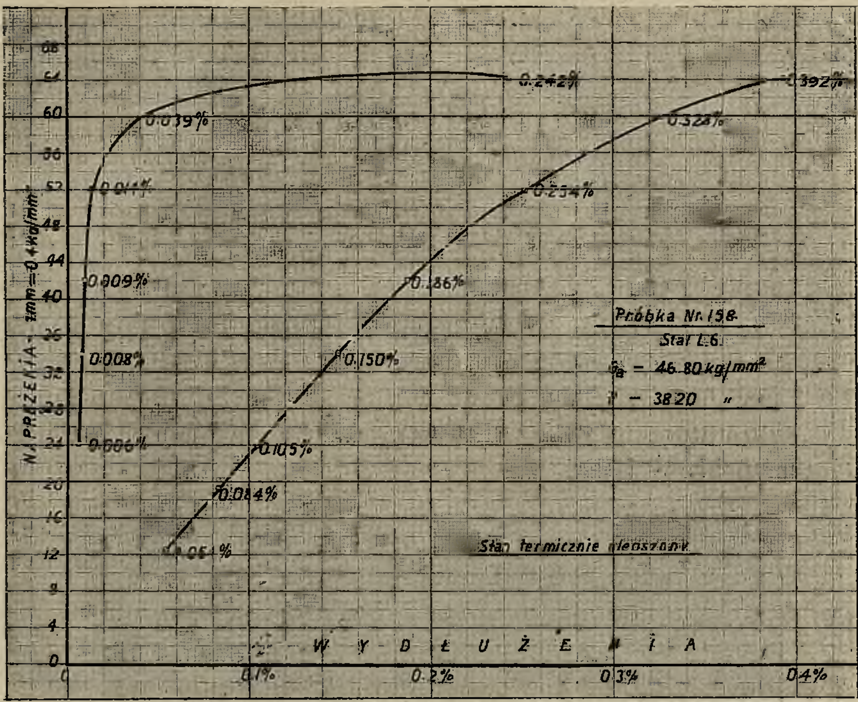
Dalsza serja prób uległa termicznemu ulepszaniu i pewne z nich dodatkowemu „sezonowaniu". Warunki postępowania przy termicznem ulepszaniu wyszczególnione są w tablicach XII i XIII.

Próbka Nr. 150 (stal Nr. 7) hartowana od 850° C w wodzie, odpuszczana przy 600° C w ciągu 30 min. chłodzona w piasku, wykazała Ga = 26,7 kg/mm², P = 22,5 kg/mm².

Próbki Nr. 142 (stal Nr. 7) i **Nr. 156** (stal Nr. 6) hartowane jak powyżej odpuszczane były przy 520° C w ciągu 30 minut i chło-



Wykres Nr. 3.



Wykres Nr. 4.

dzone w wodzie; pierwsza wykazała Ga = 38,0 kg/mm^2, P = 31,2 kg/mm^2, druga Ga = 43,50 kg/mm^2, P = 37,8 kg/mm^2.

Próbki Nr. 143 i Nr. 157, odpuszczane jak powyżej (142 i 156) lecz poddane następnie „sezonowaniu" przy temperaturze 200° C w ciągu 77 godzin wykazały: pierwsza Ga = 28,52 kg/mm^2, P = 22,7 kg/mm^2, druga — Ga = 25,2 kg/mm^2, P = 20,6 kg/mm^2. Własności sprężyste obniżone zostały przez „sezonowanie" dla próbki pierwszej (143) o 33,4%, dla drugiej zaś (157) o 73,5% w stosunku do prób niesezonowanych.

Próbka Nr. 144 (stal Nr. 7) **i próbka Nr. 158** (stal Nr. 6), hartowane od 850° C w wodzie, odpuszczane przy 400° C w ciągu 30 min. — pierwsza wykazała Ga = 41,2 kg/mm^2, P = 35,4 kg/mm^2 (wykres Nr. 3), druga zaś Ga = 46,8 kg/mm^2, P = 38,2 kg/mm^2 (wykres Nr. 4). Te próbki wykazały własności sprężyste największe, a zwłaszcza próbka Nr. 158 jako twardszego gatunku stali.

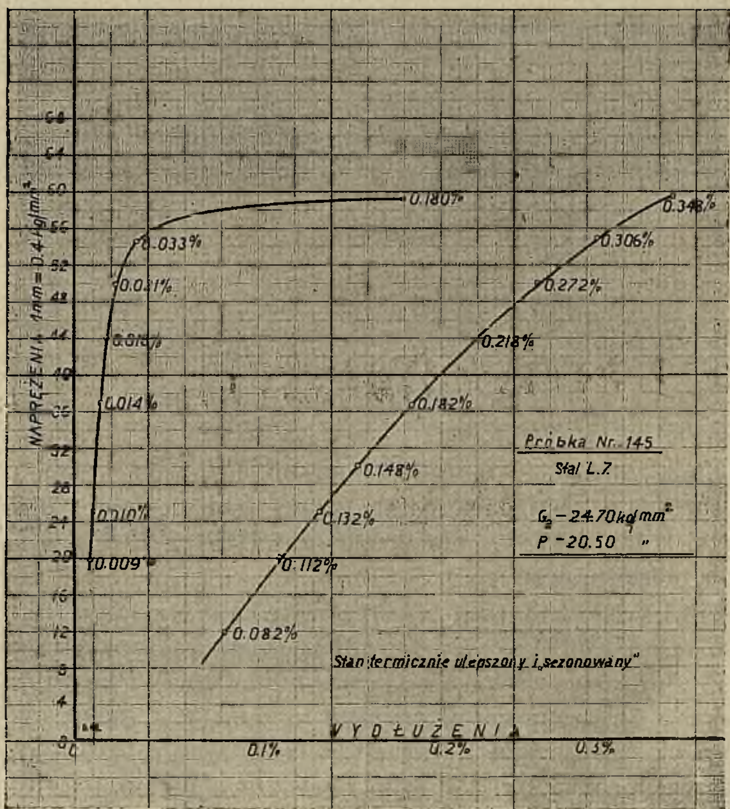
Próbka Nr. 145 (stal Nr. 7) **i próbka Nr. 159** (stal Nr. 6), obrobione termicznie jak poprzednie (144 i 158) lecz poddane „se-

zonowaniu" przy 200° C w ciągu 77 godzin, wykazały znaczne obniżenia własności sprężystych. Próbka Nr. 145 wykazała Ga = 24,7 kg/mm², P=20,5 kg/mm² (wykres Nr. 5). Próbka Nr. 159—Ga= 34,40 kg/mm², P = 29,2 kg/mm² (wykres Nr. 6).

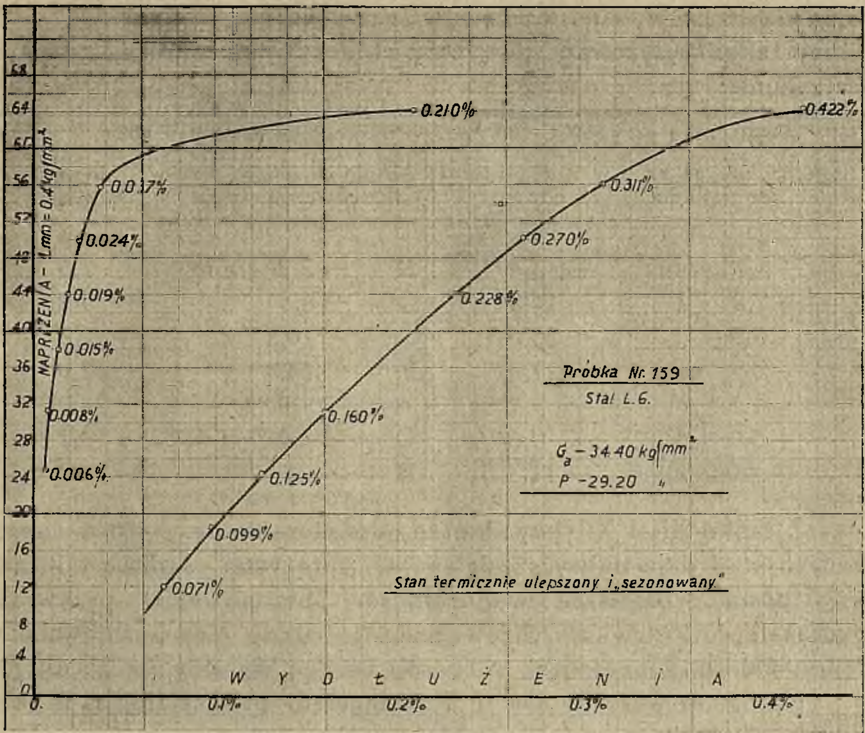
Wskutek „sezonowania" próbka Nr. 145 obniżyła swą Ga o 67%, zaś próbka 159 o 48,4%.

Próbki Nr. 152 i 153 (stal Nr. 7) namiastkowo ulepszone przez częściowe zahartowanie w wodzie od 850° C — pierwsza 3 sek., druga 5 sek. i następnie chłodzone w piasku. Próbka Nr. 152 wykazała większe utwardzenie, gdyż posiadała Ga = 31,1 kg/mm², P = 25,0 kg/mm², próbka zaś 153 — Ga = 26,8 kg/mm² i P = 21,2 kg/mm².

Mikrofotografja 16 (p. str. 1384) przedstawia budowę zastępczo-ulepszonej próby (153).



Wykres Nr. 5.



Wykres Nr. 6.

Porównywając własności wytrzymałościowe różnych prób ze stali Nr. 7 termicznie ulepszonych, można skonstatować, że wahania tych własności będą następujące:

	minimum	maximum	różnica	procentowo w stosunku do minimum
R	= 70.5 kg/mm²	86,4 kg/mm²	15,9 kg/mm²	22,5 %
Q	= 48,6 „	68,9 „	20.3 „	41,8 %
Ga	= 24,7 „	41,2 „	16,5 „	66,6 %
P	= 20,5 „	35,4 „	14,9 „	73,0 %
A	= 8,1 %	15.1 %	7,0 %	86,2 %
C	= 51,1 %	58,9 %	7,8 %	15,1 %
B	= 212 kg/mm²	255 kg/mm²	43 kg/mm²	20,0 %

Mniej więcej te same zjawiska spotyka się i w badaniach nad stalą Nr. 6, umieszczonych w tablicy XIII.

Należy tu podkreślić, że „sezonowanie" przy 200° C w ciągu 77 godz. prób termicznie ulepszonych i następnie po odpuszczaniu

chłodzonych w wodzie, obniża w największym stopniu Ga i P. Ażeby skonkretyzować powyższy wniosek ułożono następujące zestawienie:

Próby odpuszczone przy 500° C—30 min.		Próby odpuszczone przy 400° C—30 min.	
Absolutna zmiana na skutek sezonowania	w $^0/_0$ do niesezonowanej	Absolutna zmiana na skutek sezonowania	w $^0/_0$ do niesezonowanej
R = — 2,7 kg/mm²	— 3,4 %	R = — 2,2 kg/mm²	— 2,5 %
Q = — 7,2 „	— 11,5 %	Q = — 6,3 „	— 9,2 %
Ga = — 9,5 „	— 25.0 %	Ga = — 16,5 „	— 40,0 %
P = — 8,5 „	— 27,2 %	P = — 14,9 „	— 42,0 %
A = + 1,3 %	+ 9,7 %	A = + 1,9 %	+ 20,0 %
C = + 5,0 %	+ 9,6 %	C = + 4,2 %	+ 8,2 %
B = — 28 kg/mm²	— 11,3 %	B = — 21,1 %	— 8,3 %

Z tablic XII i XIII wynika, że odpuszczanie przy 400° C hartowanych stali daje najwyższe własności sprężyste. Jednak taki materjał posiada najniższą wydłużalność. „Sezonowanie" przywraca wydłużalność i zwiększa przewężalnosć, bardzo nieznacznie obniża wytrzymałość, a natomiast w sposób bardzo wybitny obniża Ga i P.

Maximum wzrostu Ga i P osiągnięto przy stali Nr. 6, jako mającej większą zawartość manganu. Domieszka manganu wpływa korzystnie na podniesienie się sprężystości.

Wielka wrażliwość Ga i P na szybkość przekroczenia temperatur najbliższych do zwyczajnych, może być decydująca dla określenia warunków stygnięcia stali.

Przeliczając dane liczbowe z tablic XII i XIII można stwierdzić, że obróbka termiczna podnosi Ga i P u stali badanych w stosunku do stanu termicznie nieobrobionego, t. zn. dostarczonego, — w granicach następujących:

Prawidłowe wyżarzanie podnosi średnio	Ga o 55 % P o 58 %
Termiczne ulepszanie z odpuszczaniem przy 600° .	Ga o 66 % P o 64 %
„ „ „ „ przy 500° .	Ga o 148 % P o 138 %
„ „ „ „ przy 400° .	Ga o 162 % P o 168 %

Z wyników tych widać, że powyższe dwie cechy wytrzymałościowe wzrastają prawie równolegle. W tablicach XII i XIII podany jest wzajemny stosunek Ga : R, który określa się stanem stali, rodzajem obróbki termicznej, struktury stali i warunkami chłodzenia.

Dla porównania wniosków otrzymanych z badań własności sprężystych przytaczamy kilka przykładów z najnowszej literatury.

I. A. Jones (9) badał stal o składzie chemicznym C = 0,31 %, Mn = 0,77 % w stanie dostarczonym; otrzymał S = 15,7 kg/mm^2; Q = 28,4 kg/mm^2; A = 32 %; C = 56 %; w stanie normalizowanym — S = 22,0 kg/mm^2; R = 52,5 kg/mm^2; A = 23 %; C = 60 %.

Podobne gatunki stali wykazały: a) C = 0,30 %; Mn = 0,76 %; Si = 0,06%; po normalizowaniu—S = 25,2 kg/mm^2, Q = 32,9 kg/mm^2, R = 59,5 kg/mm^2, A = 34 %, C = 62, B = 154 kg/mm^2; b) C = 0,31 %, Mn = 0,89 %, Si = 0,54 %, dała S = 26.8 kg/mm^2, Q = 37 kg/mm^2, R = 60 kg/mm^2, A = 32 %, C = 62 % i B = 171 kg/mm^2; nareszcie stal c) C = 0,33 %, Mn = 0,94 %, Si = 1,10 %, wykazała S = 37,8 kg/mm^2, Q = 43,7 kg/mm^2, R = 70 kg/mm^2, A = 29 %, C = 58, B = 193 kg/mm^2. Wydaje się rzeczą nieprawdopodobną, że badania odbywały się na próbkach o krótkiej długości pomiarowej, sądząc z wielkiej wartości wydłużenia, co potwierdzają niżej umieszczone badania.

Jones podkreśla, że przez chłodzenie na powietrzu uzyskuje się każdorazowo wyższą wartość granicy sprężystości, oraz że węgiel nie wpływa tak korzystnie na podniesienie granicy sprężystości, jak mangan, a najlepsze wyniki dla granicy sprężystości uzyskuje się przy starannem dobraniu węgla i manganu. Wpływ krzemu na podniesienie granicy sprężystości przy zawartości około 1 % znany jest oddawna. Obecność pewnych ilości manganu, krzemu oraz chromu jest godną polecenia.

Badania Hamasumi (10) nad wpływem manganu na zmianę granicy sprężystości, wykonane na stalach miękkich i półtwardych, wykazały, że granica sprężystości maleje, gdy zawartość manganu przekroczy 2%; nadto stwierdził Hamasumi, że w stalach z 0,4% C o perlitycznej strukturze 0,1 %, Mn podnosi granicę sprężystości około 1 — 1,5 kg|mm^2; dla innych struktur zwiększenie tej wartości dochodzi do 2,43 kg|mm^2.

Przy sposobności wykonano badania pomiaru wydłużenia na jednej próbce przy różnych długościach pomiarowych, ze stali pociskowej o składzie chemicznym C = 0,36 %, Mn = 0,56 %, Si = 0,26 %, S = 0,02 %, P = 0,03 % i Cu = 0,09 %.

I. serja.

Pomiarów dokonano na tej samej próbce.

A. Stan dostarczenia.

		R kg/mm²	Q kg/mm²	A%	C%
I. Średnica d = 10 mm					
Długość pomiarowa	L = 10 d	55	28	22,5	44
	L = 5 d	„	„	27,4	„
	L = 4 d	„	„	30,0	„
II. Średnica d = 12,7 (amerykańska próbka)					
Długość pomiarowa	L = 10 d	54.5	28	21	44,8
	L = 5 d	„	„	26,5	„
	L = 4 d	„	„	28,5	„

B. Stan normalizowany.

Średnica d = 10 mm		R kg/mm²	Q kg/mm²	A %	C %
Długość pomiarowa	L = 10 d	56.8	31,5	22,3	48,2
	L = 5 d	„	„	29,0	„
	L = 4 d	„	„	31,0	„

C. Stan termicznie ulepszony.

Średnica d = 10 mm		R kg/mm²	Q kg/mm²	A%	C%
Długość pomiarowa	L = 10 d	79,0	54,8	13,0	55,1
	L = 5 d	„	„	17,2	„
	L = 4 d	„	„	18,0	„

II. serja.

Wydłużenie mierzone na próbkach o różnych długościach pomiarowych.

A. Stan dostarczony.

		R kg/mm²	Q kg/mm²	A %	C %
Srednica d = 10 mm					
Długość pomiarowa	L = 10 d	54,2	28,6	22,5	44,8
	L = 5 d	55,3	29,0	28,0	46,0
	L = 4 d	55,0	29,4	28,3	47
Średnica d = 12,7 (próbka amerykańska)					
Długość pomiarowa	L = 10 d	54,5	28,6	21,0	44,8
	L = 5 d	54,9	29,6	26,0	46,3
	L = 4 d	56,5	28.8	26,8	43,7

Przejście z próbki normalnej na próbkę (4d) zwiększa wydłużenie dla stanu dostarczonego prawie o 33%, stanu normalizowanego prawie do 39% i stanu termicznie ulepszonego prawie do 46%.

Przejście próbki z normalnej średnicy (10 mm) do średnicy polecanej przez Amerykanów (12,7 mm) w każdym razie obniża A% o parę procent. O ile krótka długość pomiarowa (4d) zostanie wyeliminowaną na długiej próbce (10d), to wydłużenie jednostkowe będzie większe niż mierzone na krótkiej długości pomiarowej, wziętej na krótszej próbce.

Tak naprzykład, pomiar wydłużenia z długości pomiarowej 4 d na długiej próbce dla stanu dostarczonego i średnicy 10d wykazał A = 30%, na krótszej próbce A = 28,3. Próbki o średnicy d=12,7 mm wykazały odpowiednio A = 28,5 i 26,8%.

Z powyższych zestawień należy wywnioskować, że ponieważ wydłużenie bezwzględne długości pomiarowej osiąga wartości największe w środku długości próbki w miejscu powstania przewężenia, jako w miejscu najsilniejszego działania sił rozciągających, to próbki krótsze wykazują największą wydłużalność.

III.

ROZSIEW SKŁADU CHEMICZNEGO, BUDOWY STRUKTURALNEJ I WŁAŚCIWOŚCI WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH.

Stopień rozsiewu chemicznego wypływa wyraźnie z tablicy I. Jest rzeczą zrozumiałą, że wyprowadzamy ten stopień rozsiewu wyłącznie dla serji stali przez nas badanych, de facto jest on znacznie większy.

Wahania w zawartościach C, Mn i Si w naszych badaniach wynoszą:

	minimum	maximum	% wahania w stosunku do minimum
C	0,34	0,44	29%
Mn	0,60	0,80	33%
Si	0,20	0,29	45%

Wszystkie stale w granicach powyższych wahań, będąc odpowiednio znormalizowane i termicznie ulepszone, zadość uczyniły warunkom odbiorczym. Twierdzimy, że powyższym warunkom od-

biorczym, po właściwem przeprowadzeniu odpowiednich procesów obróbki termicznej, zadość uczynią stale i o mniejszych i o większych zawartościach wyżej wspomnianych składników.

Nie stawialiśmy sobie za cel znalezienie tych krańcowych liczb kontrolnych, a jednak z porównania wyników prób wyżarzania i termicznego ulepszania w rozmaitych warunkach, można wywnioskować, że stopień rozsiewu własności wytrzymałościowych, t. zn. wahania we właściwościach jednej i tej samej stali, nawet dla tworzywa o stałym składzie chemicznym — jest bardzo wielki i uzależnia się od warunków dokonanej obróbki termicznej, a przedewszystkiem od warunków końcowego stygnięcia.

W poniższej tabeli ułożono takie wahania dla wytrzymałości i wydłużenia dwóch stali o krańcowym składzie chemicznym — stal Nr. 1, C = 0,41 i Mn = 0.80 i stal Nr. 5, C = 0,34 i Mn = 0,60%.

L. p. stali	Ilość próbek badan.	Wytrzymałość			Wydłużenie		
		Wahania między min. a max. kg/mm²	Różnica w % w stosunku do min.	Ilość próbek odpow. przep. odbior.	Wahania między min. a max. w %	Różnica w % w stosunku do min.	Ilość próbek odpow. przep. odbior.
		A. W stanie wyżarzonym.					
1	32	52,4 — 66,5	27	13	17,8 — 26,3	48	30
5	9	48,4 — 62,0	28	7	18,2 — 28,2	55	8
		B. W stanie termicznie ulepszonym.					
1	7	87,8 — 97,2	9,6	7	8,6 — 13,8	60	7
5	24	75,5 — 86,7	15	12	10,6 — 16,3	54	24

Z powyższego wyraźnie wypływa, że do każdego z poszczególnych tworzyw należy odpowiednio zastosować się; przyjmując pod uwagę jego skład chemiczny, ustalić odpowiednią temperaturę i czas wyżarzania, temperaturę i czas odpuszczania dla prób hartowanych, a szczególnie — warunki następującego po wyżarzaniu i odpuszczaniu stygnięcia. Podkreślamy: — ostatnie często odgrywa rolę decydującą.

O ile zaś stosujemy ten wniosek jako cechę niezbędną, wtedy łatwo uczynią zadość warunkom odbiorczym stale pociskowe o znacznie szerszym zakresie wahań w składzie chemicznym tworzywa.

Udowodnienie tego dają tablice XIV i XV, w których górną granicę zawartości węgla podnieśliśmy do 0,44%, obniżając zawartość Mn do 0,62—0,63%.

W tablicach tych umieszczono wyniki prób wyżarzonych i termicznie ulepszonych, gdzie operowano dla prób wyżarzonych stałą temperaturą wyżarzania (850° C), a zmienne były warunki stygnięcia i to wyłącznie w zakresie temperatur stosunkowo niskich (od 400° C i poniżej); dla prób termicznie ulepszonych stałą była temperatura hartowania, zmiennemi zaś — temperatura i czas odpuszczania, a również warunki stygnięcia w zakresie temperatur stosunkowo niskich (od 300° i poniżej).

W tabl. XIV umieszczono wyniki badania serji stali pociskowych (pięć gatunków) o zmiennej zawartości węgla w granicach od 0,35—0,44% i stałej zawartości manganu około 0,63% i prawie stałych zawartościach innych domieszek, a w tablicy XV umieszczono wyniki badań serji stali pociskowych (trzy gatunki), również o zmiennej zawartości węgla — od 0,350—0,345%, stałej, lecz nieco wyższej zawartości niż w poprzedniej serji, manganu = 0,72% i stałych prawie nie zmieniających się zawartościach krzemu, fosforu, siarki i miedzi.

Z powyższej serji badań należy wnioskować, że rozsiew składu chemicznego stali pociskowych może być dopuszczony bardzo wielki.

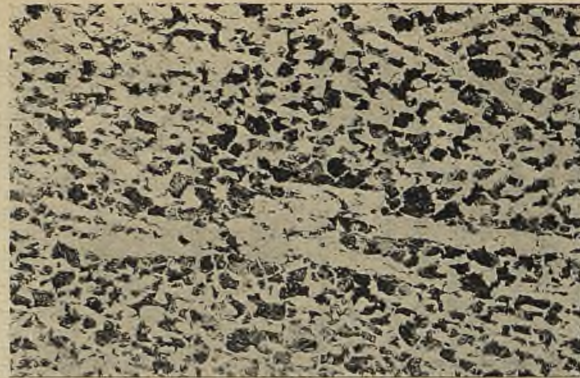
Stopień rozsiewu budowy strukturalnej może być spostrzeżony już na mikrofotografjach stali w stanie dostarczenia. Na mikrofotografjach Nr. 1, 2, 3, 4, przedstawiona jest mikrobudowa stali pociskowych w stanie dostarczonym.

Należy stwierdzić, że większość stali posiada budowę gruboziarnistą (stale NNr 4 i 6 fot. 2, 4), niektóre z nich nawet posiadają wybitną budowę Widmannstätten'a (stal Nr. 7 fot. 1) lub ślady tej budowy. Poza tem niektóre stale posiadają znaczną zawartość tlenków lub innych zanieczyszczeń o charakterze niemetalicznym (mikrofotogr. Nr. 9, 10, 11, 12).

Po wyżarzeniu stopień strukturalnego rozsiewu naogół zmiejsza się (mikrofotogr. Nr. 7 i 8). Jednak w miejscach, w których znajdują się skupienia tlenków, — występują większe przestrzenie ferrytu. W tych przestrzeniach tlen, ewentualnie i fosfor znajdują się w roztworze stałym, a nadmierne ponad graniczną rozpuszczalność zawartości tlenu występują w postaci kropelek, otoczone zwykle stosunkowo czystym ferrytem, węgiel zaś wyciska się na ze-



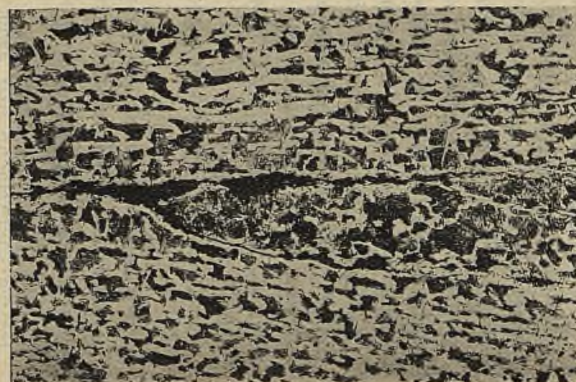
Fot. 9. 100 ×



Fot. 10. 100 ×



Fot. 11. 100 ×



Fot. 12. 100 ×

Rozsiew budowy strukturalnej.

Tablica XIV.
Rozsiew składu chemicznego.

L. p.	Rodzaj obróbki	Skład chemiczny C %	Mn %	Si %	S %	P %	Cu %	Własności wytrzymałościowe Rkg/mm²	Qkg/mm²	A %	C %	Bkg/mm²	Q:R %
1	a) wyżarzanie przy 850° C w ciągu 60 min. chłodzenie w gorącym piasku							64,5	32,0	20,0	50,3	178	
		0,44	0,63	0,21	0,025	0,025	0,12	63,6	31,2	18,6	52,1	174	
							średnio	64.1	31,6	19,5	50,6	176	49,6
	b) hartow. od 850° C, odpuszcz. przy 505° C — 70 min.							89,0	44,5	11,3	55,6	255	
								89,4	45,2	11,0	56.8	255	
							średnio	89,2	44,8	11,2	56,2	255	50,2
2	a) stan wyżarzony jak pod 1	0,415	0,62	0,23	0,025	0,025	0,12	62,7	31,9	23,8	52,2	170	
								62,2	31,6	19,4	52,6	170	
							średnio	62,5	31,7	21,6	52,4	170	50,6
	b) termicznie ulepszony — odpuszcz. przy 505°C— 65 min.							94,1	47,6	10,1	56,1	285	
								95,5	48,6	10,0	58.9	288	
							średnio	94,8	48,2	10,1	57,5	286	51,0
3	a) stan wyżarzony jak pod 1	0,39	0,63	0,20	0,03	0,025	0,10	60.8	29,8	22,5	48,9	170	
								62,3	30,8	21,5	50,8	174	
							średnio	61,5	30,3	22,0	49,8	172	49,6
	b) termicznie ulepszony opuszcz. przy 490°—65 min.							88,4	43,8	11,3	53,6	255	
								88,5	44,8	10,8	55,4	255	
							średnio	88,4	44,3	11,2	54,5	255	49,9
4	a) stan wyżarzony jak pod 1	0,365	0,63	0,23	0,025	0,025	0,12	57,9	28,3	21,8	50,9	149	
								58,3	28,8	19,6	51,0	152	
							średnio	58,1	28,6	20,7	51,3	150	49,4
	b) termicznie ulepszony odpuszcz. przy 490° — 60 min.							81,4	45,1	12,6	51,9	241	
								83.4	46,2	11,2	55,2	248	
							średnio	82,4	45,6	11,9	54,1	245	55,4

c. d. T. XIV.

L. p.	Rodzaj obróbki	Skład chemiczny C %	Mn %	Si %	S %	P %	Cu %	Własności wytrzymałościowe Rkg/mm²	Qkg/mm²	A %	C %	Bkg/mm²	Q:R %
5	a) stan wyżarzony jak pod 1	0,35	0,62	0,24	0,025	0,02	0,11	57,3	28,5	23,2	44,6	152	
								58,8	29,6	22,5	45,8	156	
							średnio	58,0	29,1	22,8	45,2	154	50,2
	b) termicznie ulepszony odpuszcz. przy 470° — 50 min.							82,1	42,0	11,2	50,6	248	
								81,6	40,6	10,6	51,2	241	
							średnio	81,8	41,3	10,9	50,9	245	50,6

wnętrzne strefy tych powierzchni. Takie analogiczne mikrobudowy przedstawiono na mikrofotografji Nr. 9 (przekrój poprzeczny) i mikrofotografji Nr. 10 (przekrój podłużny).

Nareszcie należy wspomnieć, że w tych wypadkach, kiedy stal jest mocno zanieczyszczona tlenkami i siarczkami, na szlifach podłużnych do osi walcowania spotyka się warstwową budowę, która przy tłoczeniu skorup na pociski powoduje powstawanie wielu braków produkcyjnych („oczka", „języki", „zadziory" i t. p.).

Taka budowa przedstawiona na mikrofotografji Nr. 11, gdzie w długiej ferrytowej przestrzeni znajdują się wtrącone włókna siarczków i kropelki tlenków. Na mikrofotografji Nr. 12 przedstawiono zawalcowane „twarde miejsce" o odmiennym od otoczenia składzie chemicznym (zwiększone zawartości węgla i manganu), pochodzące od źle rozpuszczonego ferromanganu.

Takie miejsca, o różniącym się od otoczenia składzie chemicznym, oprócz tego, że posiadają gorszą zdolność ujednorodnienia się w czasie wyżarzania,—posiadają odmienne spółczynniki rozszerzalności i powodują powstawanie szczelin w czasie chłodzenia, lub też ułatwiają powstawanie takich pęknięć w czasie obróbki mechanicznej na gorąco.

Ponadto należy stwierdzić, że obecność takich wad w próbkach na rozerwanie wpływa w sposób fatalny na wyniki prób wytrzymałościowych.

Tablica XV.

Rozsiew składu chemicznego.

L. p.	Rodzaj obróbki	Skład chemiczny C %	Mn %	Si %	S %	P %	Cu %	Własności wytrzymałościowe Rkg/mm²	Qkg/mm²	A %	C %	Bkg/mm²	Q:R %
6	a) wyżarzony przy 850°C— 60 min. chłodzony w gorącym piasku.	0,35	0,72	0,25	0,02	0,025	0,11	58,8 61,8	30,1 32,3	24,1 23,0	49,1 53,7	156 163	
							średnio	60,3	31,2	23,4	50,4	158	50.3
	b) termicznie ulepszony odpuszcz. przy 500°C— 50 min.							87,9 83,3	43,5 42,1	12,6 13,2	58,5 57,4	241 229	
							średnio	85,6	42,8	12,8	57,9	235	49,8
7	a) stan wyżarzony, jak pod 1	0,39	0,71	0,24	0,025	0,025	0,12	60,1 59,2	29,5 29,3	21,9 19,5	52,3 51,9	159 156	
							średnio	59,6	29,4	20,2	52,1	157	49,1
	b) termicznie ulepszony odpuszcz. przy 500° — 60 min.							83,5 82,9	44,5 43,0	11,3 13,4	57,3 56,8	229 227	
							średnio	83,2	43,7	12,3	57,1	228	52,4
8	a) stan wyżarzony jak pod 1	0,435	0,72	0,23	0,02	0,025	0,11	63,8 63,4	32,2 32,0	20,2 22,3	51,3 48,9	170 166	
							średnio	63,6	32,1	21,2	50,1	168	50,4
	b) termicznie ulepszony odpuszcz. przy 510°— 65 min.							94,7 97,1	47,9 49,7	12,5 11,1	58,4 59,8	285 293	
							średnio	96,7	48,1	11,8	59,1	288	49,8



Fot. 13. 200 × Stan termicznie ulepszony.



Fot. 14. 200 × Stan termicznie ulepszony.

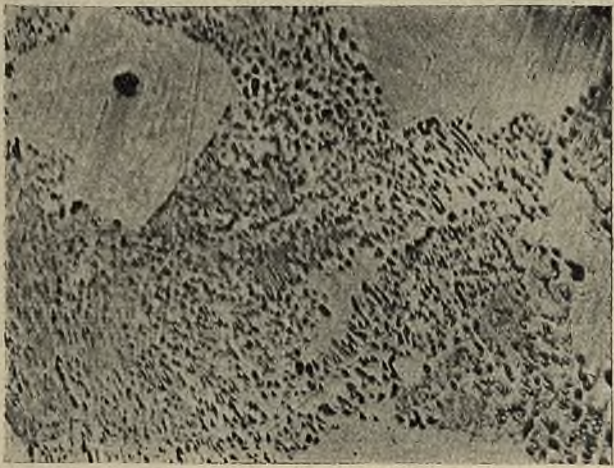


Fot. 15. 200 × Stan termicznie ulepszony.



Fot. 16. 200 × Stan zastępczo-ulepszony.

Mikrofotografja Nr. 17 w powiększeniu 1000-krotnem przedstawia pewien stopień koagulacji płytkowego perlitu w kulkowy na skutek długotrwałego wyżarzania zmiękczającego, które odbywało się w ciągu 14 godzin w temperaturze około 675° C, a następne chłodzenie było uskutecznione z szybkością około 1° C na minutę w zakresie temperatur od 675 do 545° C, z 1,2° C na minutę od 545—410° C, z 1,7° C na minutę od 410—270° i około 2° C na minutę w temperaturach poniżej 270° C.



Fot. 17. 1000 ×
Stan wyżarzony.

Widać, że ta próbka posiada dość daleko posuniętą koagulację cementytowych pasm w perlicie, jednak stopień koagulacji jest daleki od doskonałości; zresztą jest znany fakt, że w stalach półmiękkich cementytowe płytki, wchodzące w skład perlitowych ziarn, poddają się koagulacji z wielką trudnością.

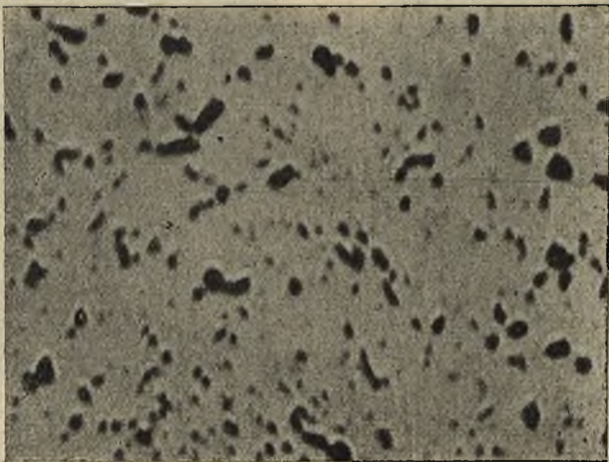
Powyższa próba oznaczona w naszych badaniach przez 112 (tablica V) posiada następujący skład chemiczny:

$$C = 0{,}34\%, \quad Mn = 0{,}60\%, \quad Si = 0{,}23\%,$$
$$P = 0{,}02\%, \quad S = 0{,}02\% \text{ i } Cu = 0{,}12\%$$

i najmniejsze własności wytrzymałościowe

$$R = 49{,}4 \text{ kg/mm}^2, \quad Q = 24{,}4 \text{ kg/mm}^2,$$
$$A = 28{,}2\%, \quad C = 54{,}8\% \text{ i } B = 138 \text{ kg/mm}^2.$$

Tylko zastosowanie metody S. Shimura i H. Esser'a (11), która polega na takich kolejnych operacjach: a) hartowaniu, b) długotrwałem odpuszczaniu w temperaturze bliskiej lecz nieco wyższej Ac_1 z następnem powolnem chłodzeniem, — pozwoliło otrzymać równomiernie po całej przestrzeni próbki rozdzielony kulkowy cementyt. Po 96 godzinnem wyżarzaniu w temperaturze 715° udało się otrzymać budowę przedstawioną w 1000-krotnem powiększeniu na mi-



Fot. 18. 1000 ×
Stan wyżarzony (metoda S. Shimura i H. Esser'a)

krofotografji Nr. 18. Twardość tej budowy wynosi zaledwie 122 kg/mm² (wahania w granicach 117—126 kg/mm²) a właściwości mechaniczne tej próby badanej na rozerwanie są następujące:

	R	Q	A	C	B
1) . .	44,2	27,5	24,8	64,0	121
2) . .	43,3	29,0	24,6	63,0	117
3) . .	45,4	29,6	23,1	62,0	125
4) . .	46,1	29,8	24,8	64,0	126
przeciętne .	44,8	29,0	24,3	63,2	122

Stosunek Q:R wynosi 65; Ga = 23,8 kg/mm² a twardość zaledwie 122 kg/mm². Widocznie jest to rzeczywista droga obniżenia naturalnej twardości do minimum z zachowaniem właściwości sprężystych na pewnym stosunkowo wysokim poziomie.

Z powyższych badań wyciągamy następujące wnioski:

1) Rozsiew struktury i składu chemicznego jest zjawiskiem naturalnym. Do walki o stopień czystości są powołane warunki odbiorcze; walka z rozsiewem strukturalnym i niejednorodnością składu chemicznego uskutecznia się przez zastosowanie indywidualnych warunków obróbki termicznej do poszczególnych wytopów.

2) W czasie jakiejkolwiek obróbki największym wahaniom ulegają właściwości sprężyste. Te wpływy prawdopodobnie da się ocharakteryzować w sposób następujący: każde szybkie przekroczenie zakresu przemian allotropowych i kruchości na gorąco—podwyższa właściwości sprężyste, natomiast każde ponowne i dłuższe przebywanie tworzywa stalowego w temperaturach bliskich zwyczajnych, lecz nieco od nich wyższych (300—100°) — obniża poprzednio nabyte właściwości sprężyste.

3) Każdego rodzaju zatrzymanie stygnięcia od temperatur poniżej 350—300° C czy to w sposób naturalny, czy sztuczny, to znaczy drogą ponownego ogrzewania (sezonowania, sztucznego starzenia) z następnem powolnem stygnięciem — pociąga obniżenie granicy sprężystości (proporcjonalności) o 30—40%, natomiast stosunkowo mniej obniża granicę płynności (o 10—12%) i tylko nieznacznie — wytrzymałość i twardość (o 2—5%), a podnosi jednocześnie wydłużenie i przewężenie o 10—20 i więcej %, w zależności od poprzedniego stanu.

Takie zmiany mogą być otrzymane na skutek niezbyt długiego sezonowania w temperaturach 350—300°, dość długiego sezonowania w temperaturach 250—200° (do 20—40 godz.!) i znacznie dłuższego sezonowania (kilka dni!) w temperaturach poniżej 200°. Sezonowanie w temper. 100° i poniżej prawdopodobnie działa tak powolnie, że nie wywołuje dostrzegalnych zmian we właściwościach tych stali, które przekroczyły ten zakres stosunkowo niskich temperatur nader szybko.

Literatura.

1. Dr. Inż. I. A. Feszczenko-Czopiwski „Metaloznawstwo I". Warszawa, 1930.
2. C. Grard „L'asier" Nancy-Paris, 1921.
3. The Iron Age 1911 str. 140 oraz Stahl und Eisen 1912 str. 891.
4. H. R. Radwan i F. Sillers — Scien. Pap. of. Bur. Stand. Nr. 464 — 1927 oraz Stahl und Eisen 1927 str. 1100.
5. M. Pherran i I. Harper. Americ. Soc. f. Steel Treating VI 347/14 1924 oraz Revue de Mètallurgie 1925 Extraits 308/310.
6. Charpy „Bulletin de la Societé d'Encourgement pour l'Industrie national 1895 oraz L. Guillet „Trempe, recuit, revenu". Tom I. 1928, str. 57/58.
7. A. Portevin „Mémoriale de l'artillerie française". T. VI, kw. I, 1927 str. 103—165.
8. O. Wawrzeniok „Handbuch des Materialprüfungswesen". Berlin, 1923 II wyd. str. 22—23.
9. I. A. Jones — Stahl und Eisen 1929 str. 1805.
10. Matujivo Hamasumi, Tech. Rep. Tôhoku Imp. Univ. VII. 60—101 1928 oraz Revue de Mètallurgie 1930. Nr. 2. Extraits str. 59.
11. S. Shimura i H. Esser. Stahl und Eisen 1930, Nr. 48 1674/75.

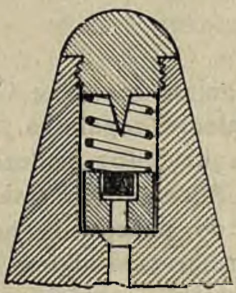
624.454.255

DUNIN-MARCINKIEWICZ EUGENJUSZ.

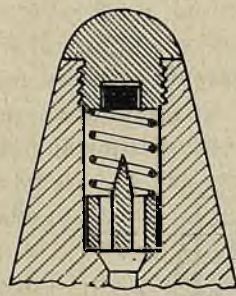
W SPRAWIE PROJEKTOWANIA ZAPALNIKÓW UDERZENIOWYCH.

Zasady, na których oparte jest działanie współczesnych zapalników uderzeniowych, mogą być sprowadzone do 3-ch, a mianowicie: zasada bezwładności, zasada tłoczenia i — ścinania [1]).

Pierwsza zasada polega na funkcjonowaniu zapalnika na skutek gwałtownej zmiany szybkości pocisku, wywołanej przez uderze-



Rys. 1.



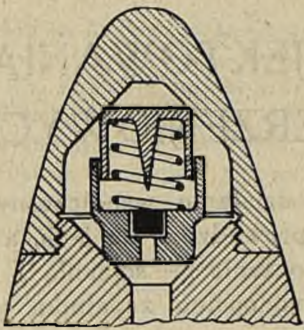
Rys. 2.

nie pocisku o przeszkodę (ziemię, ścianę, pancerz i t. p.) i powodującej przesunięcie w zapalniku części ruchomej, zwanej zwykle bezwładnikiem. Zapalników tego rodzaju są 3 typy: w jednych (rys. 1) bezwładnik zawiera spłonkę i wskutek gwałtownej zmiany szybkości naskakuje na nieruchomą iglicę. W drugich (rys. 2) bez-

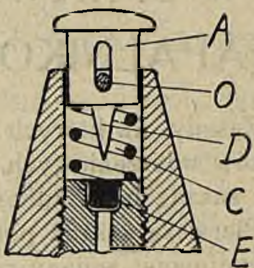
[1]) p. Przegl. Art. 1927 r. „Zapalniki artyleryjskie" — kpt. R. Krajewski oraz Wiad. Techn. Art. str. 400 „Zapalniki natychmiastowe".

władnik zawiera iglicę, która naskakuje na nieruchomą spłonkę. W trzecich — iglica i spłonka obydwie są ruchome i zapalnik działa przy wszelkich kątach i sposobach upadku (rys. 3): na bok, główką, albo denkiem i typ ten zapalnika stosuje się zwykle do pocisków, niemających prowadzenia na torze oraz do granatów ręcznych.

Zasada tłoczenia (rys. 4) polega na tem, że główka zapalnika A, która jest zawieszona w zapalniku na osi O przesuwa się wstecz

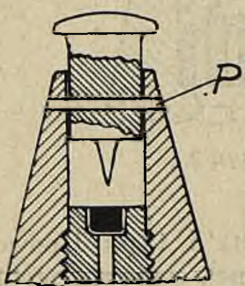


Rys. 3.



Rys. 4.

przy uderzeniu pocisku o przeszkodę, zgniata sprężynę C i uderza iglicą D o spłonkę E, powodując działanie zapalnika. Jednakże zapalnik, skonstruowany w ten sposób, działałby podczas strzału w lufie: główka A z iglicą D wskutek bezwładu dążyłyby do pozostania na miejscu, a spłonka razem z zapalnikiem, idąc naprzód, spowodowałaby nakłócie się spłonki na iglicę. Dla zabezpieczenia od takiej ewentualności istnieją odpowiednie urządzenia, o których będzie mowa niżej. Przykładem zastosowania powyższej zasady są zapalniki uderzeniowe R. Y. G. wz. 18.



Rys. 5.

Zasada ścinania (rys. 5) polega na tem, że dla działania zapalnika niezbędne jest ścięcie przetyczki P. Zapalniki tego rodzaju są używane do pocisków artyleryjskich (Schneider — Remondy) oraz do bomb lotniczych (zapalnik G i t. p.).

Zapalniki bezwładnikowe.

Zapalniki te działają na skutek zmniejszenia szybkości pocisku, wywołanej uderzeniem pocisku o przeszkodę. Wobec tego należy skonstruować pocisk tak, żeby funkcjonował już przy najmniejszej stracie szybkości pocisku. Da to zapalnikom możność działania na terenie błotnistym oraz przy małych kątach upadku. To ostatnie jest równoznaczne z działaniem na małych odległościach od lufy, co daje zapalnikom bezwładnikowym pierwszeństwo przed innemi rodzajami zapalników uderzeniowych, wymagających dla swego działania większych kątów upadku.

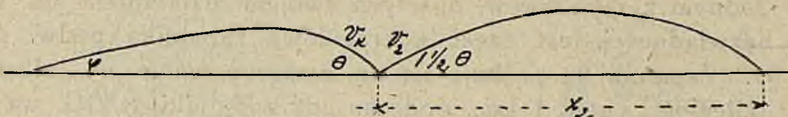
Jednym z zapalników, opartych swojem działaniem na zasadzie bezwładności, jest część uderzeniowa zapalnika podw. dział. wz. 97. Zapalniki te próbuje się na funkcjonowanie na uderzenie przy odległości około 1 km., podczas gdy zapalniki R.Y.G. wz. 18, które są oparte na zasadzie wtłoczenia, próbuje się dopiero przy odległości ok. 3,5 km. Jeżeli weźmiemy pod uwagę, iż pierwszej odległości odpowiada kąt upadku pocisku $1^0 20'$ a drugiej — $7^0 5'$, to staje się jasnem, iż zapalnik bezwładnikowy działa przy kątach znacznie mniejszych od kątów, przy których działa zapalnik tłoczeniowy. A więc posiadając zapalniki tłoczeniowe, nie możemy oczekiwać od nich dobrego działania na uderzenie na małych odległościach i, właściwie mówiąc, artylerja uzbrojona w takie zapalniki, będąc zaatakowana przez piechotę z małej odległości (mniejszej od 2 km.), będzie zupełnie bezbronną. Coprawda na bardzo małych odległościach (mniejszych od 500 m) można strzelać z armat przy opuszczonej lufie, jednak powiększyć kąta upadku przy odległościach pomiędzy 500 a 2000 m przy danej armacie i danej amunicji w żaden sposób nie możemy.

Obserwowanie rekoszetów (strzałów z odbicia) przy strzelaniu zapalnikami bezwładnikowemi na małych odległościach wykazuje, że strata szybkości pocisków jest bardzo nieznaczna, a jednak zapalnik funkcjonuje należycie. Łatwo jest obliczyć stratę szybkości pocisku od uderzenia jego o ziemię. Znając odległość, na którą strzelamy (bierzemy odległość najmniejszą, przy której jeszcze zapalnik działa), możemy odczytać z tabel szybkość końcową v_K oraz kąt upadku pocisku Θ; strzelamy pociskiem z zapalnikiem ślepym i określamy miejsce I-go i II-go rekoszetu i w ten sposób otrzymujemy odległość x_2 pomiędzy I-szym a II-gim rekoszetem. Odległość tę rozpatrujemy jako nowy tor. Ponieważ pocisk odbija się na

twardym gruncie pod kątem półtora razy większym od kąta upadku (wskutek tarcia), mamy kąt $1\frac{1}{2}\Theta$, który uważamy, jako kąt rzutu pocisku. Dla donośności x_2 oraz kąta rzutu $1\frac{1}{2}\Theta$ znajdziemy zapomocą znanych balistycznych wzorów szybkość początkową v_2. Różnica $(v_K - v_2)$ będzie poszukiwaną stratą szybkości, przy której zapalnik nasz jeszcze działa (rys. 6).

Im wielkość tej różnicy będzie mniejszą, tem zapalnik będzie działał przy mniejszych kątach upadku, inaczej mówiąc, będzie więcej czulszy na kąt upadku.

Jednak wielkość poszukiwanej różnicy można obliczyć znacznie prościej: niech siła, która dla pokonania sprężynki oraz tarcia



Rys. 6.

potrzebna jest dla funkcjonowania zapalnika będzie F, droga bezwładnika potrzebna, ażeby iglica wywołała zapłonienie spłonki będzie s; strzelano na pewną odległość, przy której szybkość końcowa pocisku jest v_K. Niech szybkość zmniejszona pocisku, która powoduje jego funkcjonowanie będzie v_2. Wtedy:

$$\frac{m v^2_K}{2} - \frac{m v_2^2}{2} = Fs$$

skąd określamy $v_2 = \sqrt{v^2_K - \frac{2Fs}{m}}$,

gdzie m — masa bezwładnika.

Z tego widzimy, że przy danym v_K (czyli przy danej odległości) v_2 będzie większa wtedy, gdy F i s będą mniejsze albo m większa, czyli jeżeli:

1. opory przesuwania bezwładnika są mniejsze,
2. droga od iglicy do spłonki jest mniejsza,
3. masa bezwładnika jest większa.

Jeżeli zbudujemy zapalnik o powyższych własnościach, to otrzymamy v_2 możliwie wielkie, a wtedy $(v_K - v_2)$ będzie możliwie małe, i zapalnik będzie funkcjonował przy małych stratach szybkości, to zn. będzie działał i przy małych odległościach.

Jednak przesadne zmniejszenie wielkości $v_K - v_2$ jest niebezpieczne z powodów następujących: wiemy, że po opuszczeniu lufy, na pewnej odległości od niej pocisk pod wpływem siły oporu powietrza F otrzymuje opóźnienie, które oblicza się ze wzoru $F = a \cdot m$, gdzie m — masa pocisku.

Z tego wzoru obliczamy wartość $a = \frac{F}{m}$; opóźnienie to otrzymują wszystkie części pocisku, a bezwładnik dąży do posuwania się ruchem poprzednim i wskutek tego przesuwa się wewnątrz zapalnika. Niech masa zapalnika będzie m_2, wtedy wskutek opóźnienia a, będzie na niego działała siła $F_2 = a \cdot m_2$.

Jeżeli obliczona w ten sposób siła F_2 będzie większa od istniejących w zapalniku oporów (siły sprężyny zabezpieczającej, tarcia i t. p.), to zapalnik będzie funkcjonował na torze.

Przykład: na 75 mm szrapnel wz. 97 o ciężarze 6,240 kg opór powietrza działa z siłą ok. 45 kg i wywołuje opóźnienie:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{45 \cdot 9{,}81}{6{,}240} = 70{,}7 \ m/sek^2.$$

Przypuśćmy, iż bezwładnik naszego zapalnika ma ciężar 19,62 g, a siła sprężyny wynosi 100 g. Wtedy siła, która działa na bezwładnik w kierunku iglicy na skutek opóźnienia a będzie równa:

$$F_2 = a\,m_2 = 70{,}7 \frac{19{,}62}{9{,}81 \cdot 1000} = 0{,}1414 \text{ kg} = 141{,}4 \text{ g}.$$

Otrzymaliśmy, że siła sprężyny zabezpieczającej jest zbyt mała i zapalnik może funkcjonować na torze.

Oprócz tego, co wyżej powiedziano, wadą zapalników bezwładnikowych jest ich niebezpieczeństwo w lufie. Jeżeli zapalniki te (jak to bywa w zapalnikach wz. 97) uzbrajają się w chwili ruszenia pocisku z miejsca, to dalszą drogę w lufie odbywają w stanie uzbrojonym. Wystarczy najmniejszego zatrzymania pocisku w lufie (zanieczyszczenia lufy, pozostałości od poprzedniego strzału i t. p.), żeby spowodować wybuch tegoż w lufie. Wobec tego niezbędnem jest przewidywanie odpowiednich urządzeń, umożliwiających uzbrojenie się zapalnika dopiero *po opuszczeniu lufy przez pocisk.* Często bywa w zapaln. bezwł., że przyrząd uzbrajający się na skutek

bezwładu otrzymuje zbyt mocne szarpnięcie podczas strzału, może to spowodować odskok bezwładnika w przeciwnym kierunku. Jeżeli zapalnik przy pierwszym ruchu pocisku zdąży się uzbroić, taki odskok może wywołać przedwczesne działanie zapalnika. Wszystko to zmusza — przy projektowaniu zapalników opartych w swojem działaniu na zasadzie bezwładności — do przewidywania takiego odbezpieczenia zapalnika, któreby powodowało jego uzbrojenie dopiero po opuszczeniu lufy przez pocisk. Kwestja ta jest omówiona w odpowiednim rozdziale.

Zapalniki tłoczeniowe.

Zapalniki tego rodzaju są oparte na wtłoczeniu główki, zawierającej iglicę, podczas uderzenia pocisku o przeszkodę (rys. 4). Żeby taki zapalnik mógł działać, niezbędnem jest bezpośrednie działanie przeszkody (ziemi, pancerza i t. p.) na wtłaczaną część zapalnika. Przy upadku pocisku pod małym kątem i następnym rekoszecie — zapalnik może uderzyć się o ziemię tylko swoim kadłubem i wcale nie dotknąć jej swoją częścią tłoczeniową. Zapalnik wówczas nie będzie działał, chociaż w tych samych warunkach zapalnik bezwładnikowy mógłby funkcjonować należycie.

Jeżeli jednak będziemy porównywali zapalniki bezwładnikowy i tłoczeniowy pod względem *szybkości* ich działania (biorąc naturalnie ten kąt upadku, przy którym zapalnik tłoczeniowy funkcjonuje), to ten ostatni będzie wymagał dla swego funkcjonowania mniej czasu niż zapalnik bezwładnikowy, czyli będzie więcej czuły pod względem czasu. Trzeba to rozumieć w ten sposób, że wybuch granatu z zapalnikiem tłoczeniowym nastąpi prędzej niż z zapalnikiem bezwładnikowym, lej od wybuchu pocisku będzie mniejszy, a skuteczność odłamków będzie większa, niż przy zapalniku o działaniu bezwładnikowem.

Jeżeli teraz porównamy, czego wymagają te zapalniki, żeby mogły lepiej funkcjonować, to zobaczymy że:

Zapalnik bezwładnikowy: pocisku lżejszego z głowicą mało wydłużoną (żeby lepiej zatrzymywał się przy uderzeniu), bezwładnika ciężkiego.

Zapalnik tłoczeniowy: pocisku ciężkiego z głowicą wydłużoną (żeby pocisk lepiej wnikał w ziemię), trzpienia tłoczeniowego o małej masie i główce płaskiej.

Widzimy więc, iż wymagania te są zupełnie odmienne dla każdego rodzaju zapalnika: zapalnik tłoczeniowy wymaga pocisku o lepszych własnościach balistycznych, bezwładnikowy zaś—o gorszych własnościach balistycznych.

Czas potrzebny dla działania zapalnika oblicza się ze wzoru, który jest podany w Wiad. Techn.-Art. Nr. 4 z r. 1930 str. 414 w artykule „Zapalniki natychmiastowe":

$$t = \frac{2}{d}\sqrt{\frac{2Sq}{\alpha \pi g R}}$$

gdzie S—odległ. iglicy od spłonki,

q—ciężar trzpienia tłoczeniowego,

R—opór ziemi,

α—spółcz. kształtu główki trzpienia,

d—średnica główki trzpienia,

w celu zmniejszenia tego czasu trzeba:

1) zmniejszyć S—czyli umieszczać iglicę wpobliżu spłonki,
2) zmniejszyć ciężar trzpienia,
3) wykonać główkę płaską i o większej średnicy.

Mamy teraz możność powiedzieć, iż w razie projektowania zapalników dla pocisków, strzelanych przy małych kątach podniesienia, korzystniej jest stosować zapalnik bezwładnikowy. Przy pociskach strzelanych z większymi kątami rzutu lepiej stosować zapalnik tłoczeniowy, jako dający szybsze funkcjonowanie i pozwalający stosować pociski o lepszych własnościach balistycznych.

Zapalniki oparte na zasadzie przecinania.

Różnią się od tłoczeniowych tem, że te ostatnie w chwili strzału cofają się wstecz, aby następnie stanąć na swojem miejscu, podczas gdy omawiane obecnie zawieszone są na przetyczce i w chwili strzału nie posiadają ruchu względem kadłuba zapalnika. W chwili uderzenia o przeszkodę przetyczka przecina się, a iglica uderza o spłonkę. Z tego możemy wywnioskować iż zapalniki tego rodzaju są więcej zbliżone do zapalników tłoczeniowych niż do zapalników bezwładnikowych t. zn. będą gorzej działały od zapalników bezwładnikowych przy małych kątach upadku i lepiej — przy większych kątach upadku.

W celu osiągnięcia większej czułości zapalnika trzeba dążyć do najsłabszej przetyczki. Jednak w chwili strzału wskutek bezwładności główka może przeciąć przetyczkę i wywołać działanie zapalnika w lufie. Aby więc zabezpieczyć się od tej ewentualności, należy robić przetyczkę jak najmocniejszą. Widzimy, iż z jednej strony przetyczka musi być jak najsłabsza, z drugiej zaś jak najmocniejsza.

Przykład: mamy obliczyć, jakiej siły musimy zastosować przetyczkę w zapalniku pocisku 45 mm o ciężarze 1 kg, strzelanego z armaty przy ciśnieniu 250 atm. Całkowita siła wywierana na dno pocisku będzie:

$$F = 250 . \frac{\pi d^2}{4} = 250 \frac{3.14 \times (4.5)^2}{4} = 3975 \text{ kg},$$

co działając na pocisk o ciężarze 1 kg, wywoła przyśpieszenie ok. 39750 m/sek^2. Niech główka zapalnika z iglicą waży 5 g to siła działająca na główkę podczas strzału będzie równa około 20 kg. Jeżeli siła przetyczki na ścinanie będzie większa od 20 kg, zapalnik wytrzyma wstrząs przy strzale. Ponieważ drut aluminjowy o średnicy 1 mm daje wytrzymałość na ścinanie ok. 50 kg, możemy więc zastosować dla tego zapalnika przetyczkę z jednomilimetrowego drutu aluminjowego.

Warunki na czułość względem czasu działania są te same, co i dla zapalników tłoczeniowych.

Po zaznajomieniu się z rodzajami zapalników uderzeniowych przechodzimy do rozpatrzenia wymagań, które im stawiamy przy projektowaniu. Wymagania te są następujące:

I) bezpieczeństwo przy transporcie;
II) uzbrojenie się podczas strzału;
III) bezpieczeństwo w lufie;
IV) „ na torze;
V) działanie u celu.

I. Bezpieczeństwo przy transporcie.

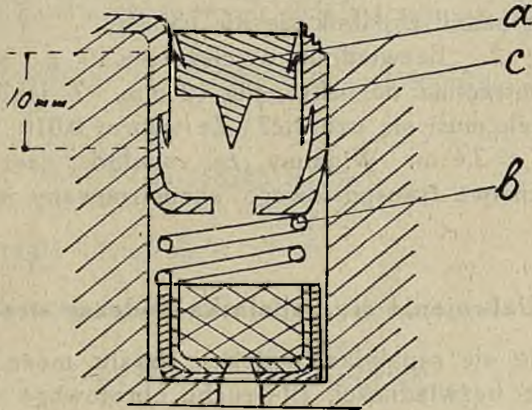
Przez „bezpieczeństwo przy transporcie“ rozumiemy niefunkcjonowanie a nawet nieuzbrojenie się zapalnika, wkręconego do pocisku, przy upadku pocisku z wysokości 1 m 10 cm na stalową płytę. Trzeba zaznaczyć, iż upadek ten może odbywać się zapalni-

kiem albo denkiem pocisku nadół, wskutek czego zapalnik musi być skonstruowany tak, aby w jednym i w drugim wypadku nie uzbrajał się, a tembardziej nie funkcjonował. Zapalnik wraz z pociskiem, spadając z wysokości 1,10 m na stalową płytę, odskakuje na połowę wysokości upadku. Szybkość końcowa podczas upadku oblicza się ze wzoru: $v_1 = \sqrt{2gh}$, gdzie wysokość upadku w danym razie

$$h = 1{,}10 \text{ m}$$
$$g = 9{,}81 \text{ m/sek}^2$$

i wtedy szybkość końcowa będzie 4,64 m/sek.

Żeby osiągnąć przy odskoku wysokość równą połowie wysokości upadku czyli 0,55 m, trzeba mieć szybkość początkową $v_2 = \sqrt{2g \cdot 0{,}55} = 3{,}3$ m/sek.; wskutek odskoku części znajdujące



Rys. 7.

się wewnątrz zapalnika będą posiadały względem kadłuba szybkość: $v_3 = 4{,}64 + 3{,}3 = 7{,}94$ m/sek., co odpowiada upadkowi z wysokości obliczonej w/g wzoru: $7{,}94 = \sqrt{2gh}$, skąd wysokość upadku:

$$h = 3{,}21 \text{ m};$$

to znaczy, że gdyby pocisk nie podskakiwał, w celu otrzymania tego samego skutku trzebaby go zrzucić z wysokości 3,21 m; będziemy więc obliczali zapalnik na bezpieczeństwo transportowe biorąc za wysokość upadku 3,21 m bez odskoku.

Przykład 1. Projektując zapalnik uderzeniowy bezwładnikowy, skonstruowano bezwładnik *a* (rys. 7) o ciężarze 15 g. Ja-

kiej siły musi być sprężyna *b*, żeby, przy upadku pocisku z zapalnikiem spłonką zapalającą nadół zapalnik się nie uzbroił? Niech zapalnik będzie skonstruowany w ten sposób, że podczas strzału bezwładnik *a*, cofając się wstecz, rozchyla łapkę bezpiecznika *c* i zaskakuje swemi występami za zęby bezpiecznika. Opór bezpiecznika niech będzie 1 kg. Odległość pomiędzy zębami bezwładnika i bezpiecznika—10 mm. Wtedy na zasadzie równania prac możemy napisać:

$$0{,}015 \,.\, 3{,}5 = X \,.\, 0{,}010, \text{ skąd } X = 5{,}25 \text{ kg}$$

(wysokość upadku bierzemy okrągło 3,5 m). Opór całkowity musi wynosić 5,25 kg, z tego bezpiecznik stawia opór 1 kg, reszta 4,25 kg, przypada na sprężynę, czyli, że sprężyna musi być takiej siły, żeby będąc ściśniętą o 10 mm, stawiała opór 4,25 kg. Wtedy przy upadku pocisku z zapalnikiem z wysokości 3,5 m bez odskoku, spłonką nadół, zapalnik się nie uzbroi.

Przykład 2. Bezwładnik o ciężarze 10 g, siła sprężyny 3 kg, droga potrzebna do uzbrojenia 12 mm. Z jakiej wysokości upadku zapalnik musi się uzbroić? Ze wzoru: $0{,}010 \,.\, X = 3 \,.\, 0{,}012$ znajdujemy $X = 3{,}6$ m. Widzimy, że zapalnik nasz pod względem bezpieczeństwa transportowego skonstruowany jest dostatecznie dobrze.

II. Uzbrojenie się zapalnika podczas strzału.

Uzbrojenie się zapalnika podczas strzału może być oparte: A) na zasadzie bezwładności, B)—ruchu obrotowego pocisku, albo C) na spalaniu się słupka pirotechnicznego.

A). *Uzbrojenie zapalnika, oparte na zasadzie bezwładności.*— W chwili strzału pocisk o ciężarze *Q* kg pod działaniem gazów prochowych działających z siłą *P* atm. ruszając z miejsca otrzymuje przyśpieszenie *a*, obliczane ze wzoru: $F = P \frac{\pi d^2}{4} = a \frac{Q}{g}$, gdzie: *d* kaliber pocisku w cm, *g* przyśpieszenie ziemskie 9,81 m/sek^2.

Wskutek tego przyśpieszenia części ruchome, niezwiązane z zapalnikiem i pociskiem w jedną całość (bezwładnik), znajdujące się wewnątrz pocisku, dążą do pozostania na miejscu i wskutek tego na sprężyny i inne części, na których się opierają, wywierają

nacisk f, wielkość którego daje nam wzór: $f = a \frac{q}{g}$, gdzie: a przyśpieszenie obliczone zapomocą poprzedniego wzoru, q ciężar bezwładnika.

Jeżeli siła ta będzie większa od stawianego oporu przez tarcie, sprężyny, bezpieczniki i t. p., to zapalnik się uzbroi.

Przykład I-szy. Projektujemy zapalnik do 75 mm granatu, przyczem bezwładnik waży 5 g i musi pokonać dla swego uzbrojenia sprężynę o sile 4 kg i rozchylić łapki bezpiecznika stawiające opór 2 kg, tarcie 1 kg. Pytanie: czy taki zapalnik uzbroi się podczas strzału?

Ciśnienie w lufie 2.200—2.400 atm. Pocisk waży 7 kg. Bierzemy ciśnienie mniejsze, albowiem skoro zapalnik uzbroi się przy ciśnieniu mniejszem, to napewno uzbroi się też przy ciśnieniu większem. Siła gazów prochowych działających na pocisk będzie:

$$F = P \frac{\pi d^2}{4} = 2200 \times 44 = 96800 \text{ kg.}$$

przyśpieszenie $a = \frac{F \cdot g}{Q} = 138285$ m/sek.^{2}

(g bierzemy okrągło 10 m/sek.^{2}).

Bezwładnik nasz będzie działał z siłą:

$$f = 138285 \cdot \frac{0.005}{10} = 69{,}1 \text{ kg;}$$

przyczem dla uzbrojenia swego pokonać musi siłę:

$$4 + 2 + 1 = 7 \text{ kg.}$$

A więc projektowany zapalnik napewno uzbroi się przy strzale.

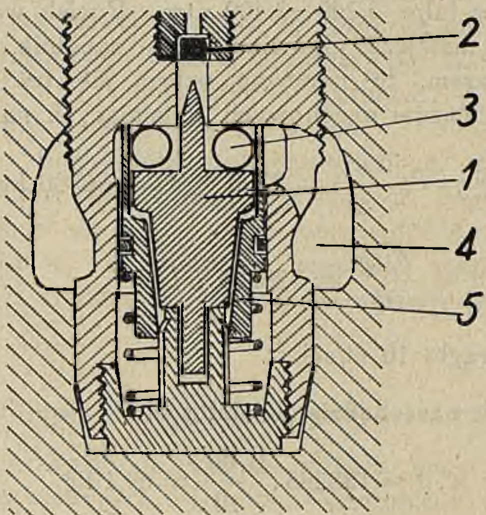
Przykład II-gi. Czy możemy stosować zapalnik *R.Y.G.* do 81 mm granatów Stokes'a?

Ciśnienie 100 atm., pocisk waży ok. 4 kg. Siła gazów prochowych będzie równa $100 \times 51{,}5 = 5150$ kg. Przyśpieszenie $a = 12875$ m/sek.^{2}.

Bezwładnik waży 5 g i musi dla swego uzbrojenia pokonać siłę sprężyny 1,8 kg. Siła zaś, którą wywrze bezwładnik na sprężynę, będzie $f = 12875 \cdot 0{,}0005 = 6{,}4$ kg, co jest znacznie większe

od 1,8 kg, czyli, że można używać zapalniki *R.Y.G.* do strzelania z miotacza Stokes'a.

B). Uzbrojenie zapalnika, oparte na działaniu siły odśrodkowej, polega na usuwaniu się, pod wpływem ruchu obrotowego pocisku, bezpieczników, bądź to w postaci kulek, bądź to w postaci rozciętego pierścienia, bądź w jakiejkolwiek innej postaci. W położeniu nieuzbrojonem zapalnika bezpieczniki te znajdują się przeważnie pomiędzy spłonką a iglicą i zabezpieczają zapalnik od nakłucia się iglicy na spłonkę lub odwrotnie. Pod działaniem siły odśrodkowej bezpieczniki odchodzą w specjalne zagłębienia i w ten sposób uzbrajają zapalnik.



Rys. 8.

Jednak zjawisko usuwania się bezpieczników mogłoby nastąpić i bez strzału, w razie gdyby zagłębienia dla bezpieczników nie były zamknięte zapomocą specjalnego pierścienia, usuwanego pod działaniem siły bezwładności. W takim wypadku odbezpieczenie zapalnika byłoby oparte na działaniu dwóch sił: bezwładu i siły odśrodkowej. Jako przykład podobnego rozwiązania możemy wskazać na schemat zapalnika uderzeniowego bezwładnikowego o zabezpieczeniu kulkowem, podanego na rys. 8: iglica (1) jest ruchoma, spłonka (2) jest nieruchoma; iglica oddzielona jest od spłonki zapomocą kulek stalowych (3), które pod działaniem siły odśrodkowej, wywołanej przez ruch pocisku w gwintach lufy, wpadają do gniaz-

dek (4) w kadłubie zapalnika. Ażeby kulki nie weszły do powyższych gniazdek przedwcześnie, pomiędzy kulkami a gniazdkami znajduje się bezpiecznik (5) w postaci walca. W chwili strzału bezpiecznik osiada pod działaniem siły bezwładności, zaskakuje swemi łapkami w występy w kadłubie i w ten sposób unieruchamia się.

Wówczas otworki w bezpieczniku stają naprzeciw gniazdek dla kulek, te ostatnie pod działaniem siły odśrodkowej wpadają w gniazdka i w ten sposób zwalniają bezwładnik ze spłonką i uzbrajają zapalnik. Podobne zabezpieczenie może być stosowane i dla zapalników działających na zasadzie tłoczenia albo ścinania.

Trzeba jednak zaznaczyć, że zapalniki odbezpieczające się na zasadzie siły odśrodkowej nie mogą być stosowane do pocisków, niemających podczas swego lotu ruchu obrotowego wokoło swojej osi podłużnej.

Wielkość siły odśrodkowej, która działa na bezpieczniki, oblicza się w sposób następujący:

oznaczmy przez v — szybkość pocisku w m/sek
m — masa kulki
a — kaliber w metrach
i — kąt pochylenia gwintów
ω — szybkość kątowa $= 2\pi n$, gdzie n — ilość obr./sek.
N — ilość obrotów na minutę $= 60n$
r — odległość środka kulki od osi obrotu.

Wtedy wielkość siły odśrodkowej wyrazi się przez wzór:

$F = m\omega^2 r$, a ponieważ: $\omega = \frac{2v\,tg\,i}{a}$, to:

$$F = \frac{4mv^2\,tg^2\,i\,r}{a^2}$$

Ilość obrotów na minutę podaje poniższa tabela.

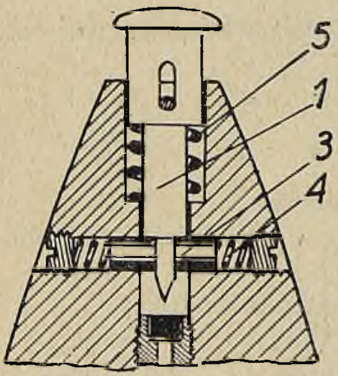
Kaliber w mm	i	v	N
37 arm.	6^0	365	19800
75 arm.	7^0	550	17200
100 hb.	$7^0 9' 45''$	{ 200 { 415	{ 4795 { 9970
155 hb.	7^0	150	2270

Przykład: Obliczyć siłę odśrodkową, działającą na kulkę zabezpieczającą w zapalniku pocisku 75 mm, jeżeli kulka znajduje się w odległości 5 mm od osi pocisku, a ciężar kulki jest 10 g.

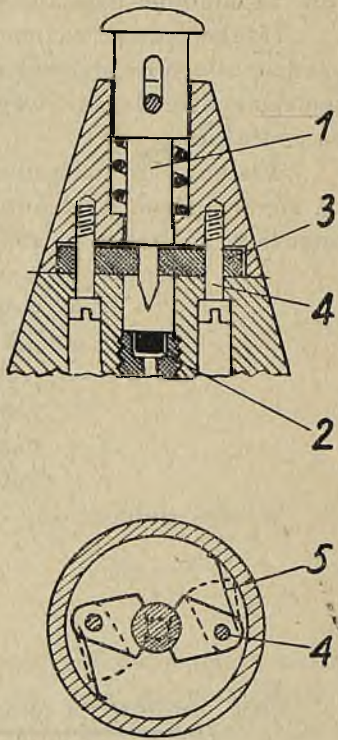
Ze wzoru $F = m\omega^2 r$ mamy:

$$F = \frac{10 \,.\, 1800^2 \,.\, 5}{1000 \,.\, 10 \,.\, 1000} = 16{,}2 \text{ kg}$$

(Jako przyśpieszenie ziemskie bierzemy 10 m/sek^2).



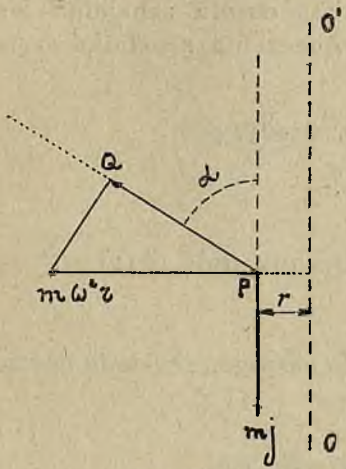
Rys. 9.



Rys. 10.

Dla zabezpieczenia zapalnika mogą być też stosowane rygle, jak to pokazuje rys. 9, albo ciężarki—rys. 10. W pierwszym wypadku iglica jest ruchoma i zabezpieczona od nakłucia się na spłonkę zapomocą kilku rygli (3). Rygle te są wysunięte ze swoich gniazdek pod działaniem sprężynek (4). W chwili strzału rygle nie pozwalają iglicy osiąść i uderzyć się o spłonkę. Jednakże pod

wpływem ruchu obrotowego pocisku rygle ściskają sprężynki, wchodzą w swoje gniazdka i zwalniają iglicę (1). Iglica pod działaniem siły oporu powietrza mogłaby się nakłuć na spłonkę, czemu przeszkadza sprężyna (5). Widzimy, iż siła sprężynek (4) musi być obliczona w ten sposób, ażeby była ona mniejszą od siły odśrodkowej rygla, siła zaś sprężynki (5) musi być większa od siły oporu powietrza, działającej na główkę zapalnika. Obliczmy te siły. Dla rozpatrzenia weźmiemy ogólny wypadek, a mianowicie: że rygiel jest pochylony do osi pod kątem α (zwykle kąt ten bywa 90^0).



Rys. 11.

Oznaczmy przez (rys. 11):

$O'O$—oś obrotu zapalnika
P — środek ciężkości rygla
α — kąt pochylenia rygla do osi bezwładnika
PQ— droga, po której przesuwa się rygiel na skutek siły odśrodkowej
r — odległość środka ciężkości rygla od osi obrotu
f — spółczynnik tarcia (zwykle około 0,1)
R — siła sprężyny przytrzymującej rygiel
m — masa rygla
j —przyśpieszenie ruchu pocisku.

Na rygiel podczas ruchu obrotowego pocisku będą działały siły: odśrodkowa, bezwładności, tarcia i siła sprężyny. Wielkość wypadkowej będzie wyrażona przez wzór:

$$F = m\,\omega^2\,r\,\mathrm{Sin}\,\alpha - mj\,(\mathrm{Cos}\,\alpha + f\,\mathrm{Sin}\,\alpha) - R$$

gdzie j — przyśpieszenie ruchu pocisku w chwili maksymalnego ciśnienia gazów prochowych.

W wypadkach, gdy $\alpha = 90^0$, $\mathrm{Cos}\,\alpha = 0$, a ponieważ f — jest małe, to:

$$F = m\,\omega^2\,r - R.$$

W momencie strzału pierwszy wyraz wzrasta od 0 do swego maksimum, które osiąga po opuszczeniu lufy przez pocisk; drugi zaś, zależny od j, zwiększa się do swego maksimum w chwili maksymal-

nego ciśnienia i spada do 0 po wylocie pocisku z lufy. Widzimy więc, że siła działająca na rygiel będzie największa po opuszczeniu lufy przez pocisk. Wobec tego, dobierając odpowiednie wielkości kąta pochylenia drogi rygla do osi pocisku, ciężar rygla, oraz siłę sprężyny, możemy uzyskać odbezpieczenie się zapalnika dopiero po wylocie pocisku z lufy. Ma to ważne znaczenie ze względu na zabezpieczenie od wybuchu pocisku w lufie z winy zapalnika.

Przykład: Czy możemy stosować zapalnik o zabezpieczeniu ryglowem do pocisków 155 mm haubicy, jeżeli ciężar rygla jest 3 g, odległość jego środka ciężkości od osi obrotu zapalnika jest 0,9 cm, kąt $\alpha = 90^0$, oraz w celu odbezpieczenia zapalnika rygiel ma pokonać siłę sprężyny równą 40 g?

Potrzebną ilość obrotów otrzymamy wtedy, gdy:

$$m \omega^2 r > R, \text{ czyli}$$

$m \left(\frac{2 \pi N}{60}\right)^2 r > R$, skąd wynika potrzebna ilość obrotów:

$N^2 > \frac{R\, 60^2}{4 \pi^2 r m}$; $N > \frac{60}{2\pi} \sqrt{\frac{R}{r m}}$, co dla naszego przykładu będzie:

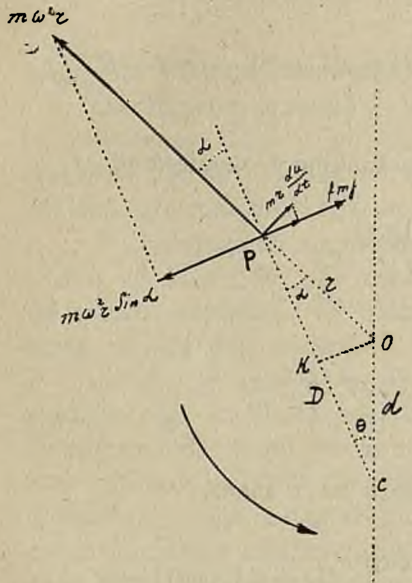
$$N > \frac{60}{2\pi} \sqrt{\frac{40 . 981}{3 . 09}} > 1167 \text{ obr./min.}$$

Widzimy, iż zapalnik ten możemy stosować do pocisków 155 mm haubicy.

Innym przykładem zabezpieczenia, usuwanego zapomocą siły odśrodkowej, jest zabezpieczenie zapomocą ciężarków, obracających się (rys. 10) pod działaniem siły odśrodkowej wokoło swojej osi i zwalniających w ten sposób ruchomą część zapalnika, w celu odbezpieczenia tego ostatniego.

Iglica (1) zapalnika tłoczeniowego nie może pójść w kierunku spłonki (2), ponieważ przeszkadzają jej w tem ciężarki (3), obracające się wokoło osi (4). Pod działaniem siły odśrodkowej ciężarki przyjmują położenie podane na rysunku zapomocą linji przerywanej i zwalniają w ten sposób iglicę. Ażeby ciężarki nie mogły wykonać tego ruchu przedwcześnie (bez działania siły odśrodkowej) są one przyciśnięte do iglicy zapomocą sprężynek (5). Sprężynki te muszą być rozchylone pod działaniem siły odśrodko-

wej, która przeto musi być większą od siły sprężynek. Wielkość siły usuwającej ciężarki podczas ruchu pocisku określa się w sposób poniższy (rys. 12). Na ciężarki działają siły następujące: siła odśrodkowa, wielkość której umiemy obliczyć, siła bezwładności, siła tarcia, siła styczna oraz siła sprężynek. Siły te są przedstawione w planie na rys. 12.



Rys. 12.

Punkt O — oś obrotu zapalnika
„ C — „ „ ciężarka.
„ P — środek ciężkości ciężarka.

Odległość OP nazwiemy przez r
„ OC „ „ d
„ CP „ „ D
Kąt OCP „ „ Θ
„ CPO „ „ α.

Odległość r jest zmienna, d i D są stałe.

Podczas ruchu pocisku na skutek obrotu, oś obrotu ciężarka będzie opisywała koło wokół osi O. Ciężarek zaś pod wpływem siły odśrodkowej będzie się starał obrócić się wokoło swojej osi C, tak, żeby jego środek ciężkości znajdował się na linji OC i poza punktem O. Wielkość siły wypadkowej wyrazi się wzorem:

$$F = m\,\omega^2 r \,\mathrm{Sin}\,\alpha - m r \frac{d\omega}{dt} \mathrm{Cos}\,\alpha - f m j - R$$

gdzie: m — masa ciężarka
f — spółczynnik tarcia
j — przyśpieszenie pocisku
mj — siła wywołana bezwładnością ciężarka, która przyciska ciężarek do zapalnika
R — siła sprężyny, którą ciężarek musi pokonać, ażeby zapalnik mógł się odbezpieczyć.

Z rysunku widać, iż:

$$r \operatorname{Sin} \alpha = OK \quad i$$

$$d \operatorname{Sin} \Theta = OK, \qquad \text{czyli } r \operatorname{Sin} \alpha = d \operatorname{Sin} \Theta,$$

oraz, że:

$$r \operatorname{Cos} \alpha = PK = D - d \operatorname{Sin} \Theta$$

i wtedy:

$$F = m\,\omega^2 d \operatorname{Sin} \Theta - m \frac{d\omega}{dt} (D - d \operatorname{Cos} \Theta) - fmj - R.$$

Lecz $\frac{d\omega}{dt}$ można otrzymać jako funkcję j, pamiętając, iż:

$$\omega = \frac{2 v \operatorname{tg} i}{a},$$

z czego mamy:

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{2 \operatorname{tg} i\, dv}{a\, dt} = \frac{2 \operatorname{tg} i}{a} . j$$

Podstawiając ten wyraz do wzoru na F mamy:

$$F = m\,\omega^2 d \operatorname{Sin} \Theta - mj \left| f + \frac{2 \operatorname{tg} i}{a} (D - d \operatorname{Cos} \Theta) \right| - R.$$

Wyraz pierwszy osiąga swoje maksimum wtedy, gdy ω osiąga swoje maksimum, t. zn. po wylocie pocisku z lufy, albowiem:

$$\omega = \frac{2 v \operatorname{tg} i}{a}.$$

Wyraz drugi, jako zależny od j (przyśpieszenie pocisku) osiąga swoje maksimum wtedy, gdy j osiąga wartość największą, t. zn. — w chwili maksymalnego ciśnienia.

Trzeba zaznaczyć, iż wtedy ω ma wartość zbyt małą, wskutek czego ciężarki nie usuną się. Jest to bardzo ważne, albowiem daje pewność, iż w chwili, gdy części pocisku i zapalnika znajdują się pod wpływem największego ciśnienia gazów prochowych, zapalnik jest nieuzbrojony.

W wyrazie drugim wyraz: mjf przedstawia wartość siły tarcia, a wyraz $mj(D - d\,\mathrm{Cos}\,\Theta)\,\frac{2\,tg\,i}{a}$ — wartość siły stycznej. Stosunek tych sił, czyli:

$$\frac{mjf}{mj(D - d\,\mathrm{Cos}\,\Theta)\,\frac{2\,tg\,i}{a}} = \frac{fa}{2(D - d\,\mathrm{Cos}\,\Theta)\,tg\,i}$$

zależy od wielkości czynników f, a, D, d, Θ, i.

Dla danego zapalnika stosunek ten jest stały i może być łatwo obliczony. Zgóry jednak możemy powiedzieć, iż licznik tego stosunku będzie większy od mianownika, ponieważ w tym ostatnim znajduje się mnożnik $tg\,i$, który jest wielkością bardzo małą.

W zapalnikach współczesnych stosunek ten waha się mniej więcej od 12 do 20. To znaczy, że siła tarcia jest znacznie większa od siły stycznej. W obliczeniach, wobec tego, tej ostatniej nie biorą zwykle pod uwagę.

Jeżeli są znane: przebieg ciśnienia w lufie w każdym jej punkcie oraz szybkość pocisku w każdym punkcie lufy i poza lufą, to możemy dla każdego punktu lufy obliczyć wartości ω oraz j, a te ostatnie wstawić do wzoru na F. Gdy wartość F zacznie być dodatnią, nastąpi moment, gdy ciężarek zacznie się usuwać. W ten sposób możemy obliczyć moment uzbrojenia się zapalnika. Ażeby zdać sobie sprawę z wielkości sił działających na ciężarek, przerobimy praktycznie następujący przykład.

Przykład: Skonstruowano zapalnik podobny do podanego na rys. 10, przyczem ciężar jednego ciężarka jest 2 g, $r = 0{,}3$ cm, $d = 0{,}6$ cm i $D = 0{,}7$ cm; zapalnik używa się do pocisku 75 mm arm. wz. 97, kąt $\alpha = 7^0$; $\Theta = 23^0$; ciśnienie maksymalne 2400 atm., szybkość początkowa 550 m/sek. Dla tej armaty wiemy, że ilość obrotów na minutę jest $N = 17200$, z tego możemy obliczyć szybkość kątową:

$$\omega = \frac{2\,\pi\,N}{60} = \sim 1800$$

Obliczamy poszczególne czynniki dla momentu największego ciśnienia, u wylotu z lufy oraz momentu, gdy gazy prochowe przestają działać. Przedtem jednak obliczmy wartość wyrazu znajdującego się w nawiasach łamanych, który to wyraz dla danego zapalnika jest stały:

$$f + \frac{2\,tg\,i}{a}(D - d\,\mathrm{Cos}\,\Theta) = 0{,}1 + \frac{2\,.\,0{,}1228}{7{,}5}(0{,}7 - 0{,}6\,.\,0{,}92) = 0{,}1 +$$

$$+ 0{,}005 = 0{,}105.$$

a) *Moment największego ciśnienia:* mamy obliczyć dla tego momentu przyśpieszenie j. Ciśnienie 2400 kg/cm^2, przekrój pocisku jest:

$$\frac{\pi\,d^2}{4} = \frac{\pi\,7{,}5^2}{4} = 44{,}1\ \mathrm{cm}^2,$$

zatem całkowite ciśnienie będzie: 105840 kg, które, działając na pocisk 6 kg wywoła przyśpieszenie:

$$j = \frac{105840}{0.6} = 176400\ \mathrm{m/sek}^2$$

Szybkość pocisku w chwili największego ciśnienia weźmiemy okrągło jako połowę szybkości początkowej [Windakiewicz, Balistyka wewnętrzna, str. 92—97]. Wtedy i szybkość kątowa będzie równała się połowie szybkości przy wylocie, czyli okrągło 900, a wielkość siły odśrodkowej będzie:

$$m\,\omega^2\,d\,\mathrm{Sin}\,\Theta = \frac{2\,.\,900^2\,.\,0{,}6\,.\,0{,}39}{1000} = \backsim 389\ \mathrm{g}.$$

Obliczmy teraz wartości siły tarcia i siły stycznej:

$$mj\left[f + \frac{2\,tg\,i}{a}(D - d\,\mathrm{Cos}\,\Theta)\right] = mj\,.\,0{,}105 = \backsim 7409\ \mathrm{g};$$

z tego widać, iż siły, przeszkadzające przesunięciu się ciężarka, są o wiele większe od siły odśrodkowej, wobec czego w chwili największego ciśnienia zapalnik nie odbezpiecza się.

b) *Moment opuszczenia lufy.* Wielkość siły odśrodkowej będzie:

$$m\,\omega^2\,d\,\mathrm{Sin}\,\Theta = \frac{2\,.\,1800^2\,.\,0{,}6\,.\,039}{1000} = \backsim 1556\ \mathrm{g}.$$

Dla obliczenia siły tarcia i siły stycznej bierzemy pod uwagę, iż wtedy ciśnienie gazów prochowych jest mniej więcej równe

$^1/_5$ maksymalnego ciśnienia. Wobec tego i przyśpieszenie pocisku będzie $^1/_5$ maksymalnego przyśpieszenia, a przeto i poszukiwany opór będzie $^1/_5$ oporu przy ciśnieniu maksymalnem, czyli 7409 : 5 = = 1482 g. Widzimy więc, iż przewaga siły odśrodkowej nad oporami jeszcze nie jest tak wielka. Oprócz tego trzeba zaznaczyć, iż dotychczas nie braliśmy pod uwagę siły oporu sprężyny, którą musimy dodać. Jeżeli więc siła oporu sprężyny będzie tylko 200 g, to zapalnik wyleci z lufy jeszcze nieuzbrojony.

Oprócz tego szybkość początkową pocisku przy wylocie z lufy przyjęliśmy właściwie za dużą; szybkości 550 m/sek. nabiera pocisk dopiero po przebyciu jakich 4 metrów od wylotu lufy, co jeszcze więcej przekonywa nas w tem, że zapalnik opuszcza lufę nieuzbrojony.

c) *W chwili gdy ciśnienie jest $^1/_6$ ciśnienia maksymalnego* (około 1 metr poza lufą):

Siła odśrodkowa pozostaje 1556 g, gdy opory będą 7409 : 6 = = 1233 g — widzimy, iż zapalnik uzbroi się przy sprężynie o sile około 300 g.

d) *W chwili gdy ciśnienie gazów prochowych nie działa na pocisk.* Wtedy przyśpieszenie jest zero i cały drugi wyraz staje się zerem. Siła odśrodkowa osiągnęła swoje maksimum. Przesuwanie ciężarka hamuje jedynie sprężyna. Mając, jak to zaznaczyliśmy wyżej, dokładną krzywą przebiegu ciśnienia i szybkości, możemy ściśle obliczyć moment uzbrojenia się zapalnika.

Moment uzbrojenia się zapalnika określa się również praktycznie, strzelając do tarczy drewnianej o takiej grubości, aby mogła wywołać funkcjonowanie zapalnika. Stawia się tarczę w odległości 10 metrów od lufy. Jeżeli zapalnik funkcjonuje po przebiciu tarczy przez pocisk, przysuwa się tarczę bliżej i strzela, aż otrzyma się niefunkcjonowanie zapalnika. Wtedy zostaje dowiedzione, iż zapalnik uzbraja się pomiędzy taką a taką odległością od lufy.

Przy rozpatrywaniu sił, działających na ciężarki, nie uwzględniliśmy jeszcze jednej siły, która występuje w zapalnikach podobnych do podanego na rysunku 10, a mianowicie — siły tarcia wywołanej przez nacisk iglicy na ciężarki. Nacisk ten zależy od siły przyciskającej czyli od masy naciskającej na ciężarki oraz od wielkości przyśpieszenia ruchu pocisku i wyraża się wzorem:

$$\frac{1}{n} f m' j,$$

gdzie: n — ilość ciężarków
f — spółczynnik tarcia
m' — masa naciskająca na ciężarki
j — przyśpieszenie ruchu pocisku.

Przykład: ciężar iglicy — 3,2 g. ilość ciężarków 3.

Wtedy dla momentu największego ciśnienia nacisk na 1 ciężarek wyniesie:

$$^1/_3 f m' j = 1881 \text{ g},$$

dla momentu wylotu pocisku z lufy

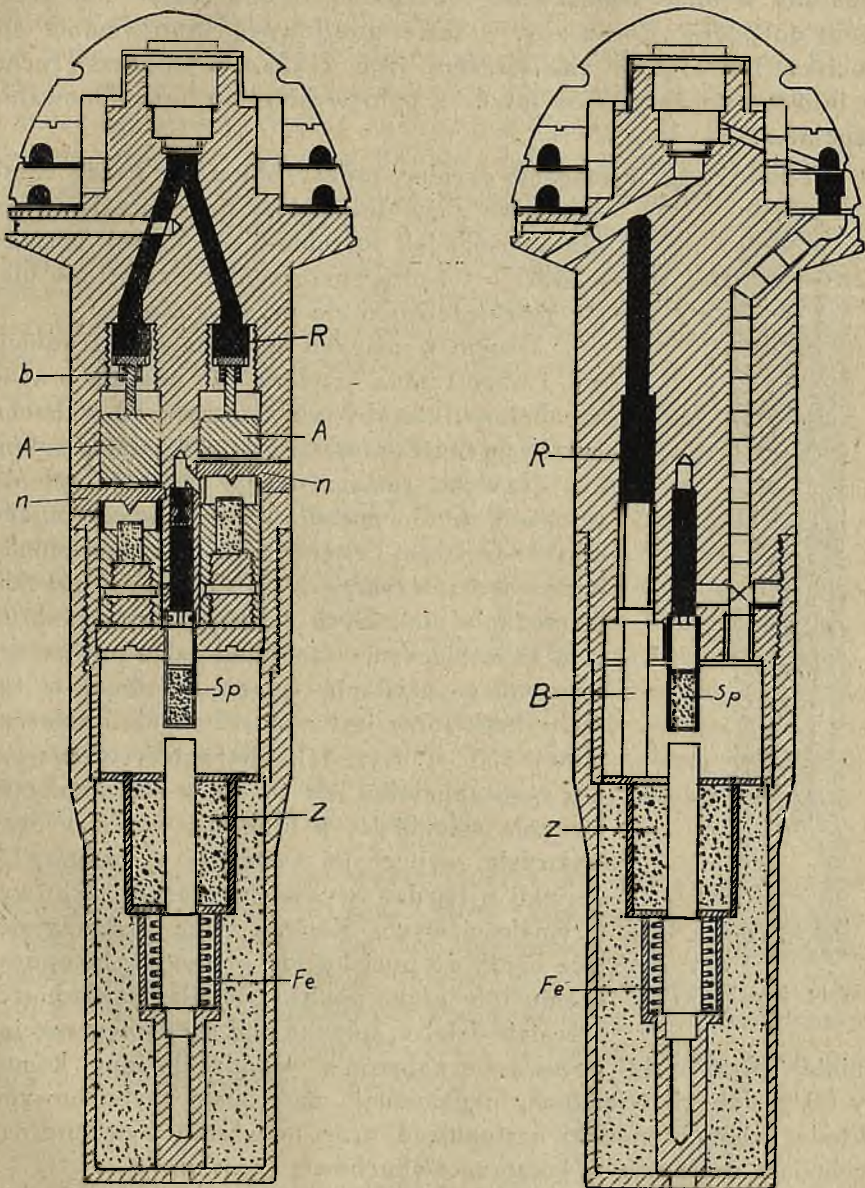
$$^1/_3 f m' j = 376 \text{ g};$$

widzimy, iż oprócz sił, przeszkadzających odsuwaniu się ciężarka, dochodzi jeszcze jedna siła, która osiąga znaczną wielkość w chwili największego ciśnienia gazów prochowych i w ten sposób jeszcze więcej opóźnia odbezpieczenie zapalnika.

C). Uzbrojenie zapalnika, polegające na spalaniu się słupka pirotechnicznego. Polega w zasadzie na tem, iż w chwili strzału w ten lub inny sposób zapala się cylinderek sprasowanego prochu czarnego, po wypaleniu którego powstaje wolne miejsce. W to miejsce wchodzi bezpiecznik, który w ten sposób uzbraja zapalnik. Jako przykład wskażemy na zapalnik do 15 cm hb. austr. wz. 14 (rys. 13). Zapalnik ten jest potrójnego działania. W chwili strzału zapalają się górne kanaliki, które idą do dwóch mechanizmów uderzeniowych (zapalnik ten ma bowiem dwa mechanizmy uderzeniowe: jeden — dla natychmiastowego działania, drugi — dla działania z opóźnieniem).

Z kanalików tych ogień przedostaje się do cylinderków R, które, wypalając się, dają wolną przestrzeń dla posuwania tłoczka *a* pod działaniem sprężyny *b* i w ten sposób zwalniają bezwładniki A. Czas palenia się tych słupków i cylinderków jest obliczony w ten sposób, że przesuwanie tłoczka następuje wtedy, gdy pocisk opuści lufę. Przy uderzeniu bezwładniki A z obsadzoną w nich spłonką nakłuwają się na nieruchome iglice *n*. Zapalniki tego rodzaju mają szereg wad: sprasowanie słupka prochowego nie jest zawsze pewne, proch czarny jest skłonny do zawilgotnienia, wobec czego zapalniki po długiem przechowywaniu mogą nie funkcjonować. Oprócz tego dla prawidłowego spalania się słupka niezbędny jest kanalik, służący do ujścia gazów prochowych. Wypadkowe zatka-

nie się kanalika może spowodować wybuch słupka prochowego. Wobec tego zapalniki o zabezpieczeniu, polegającem na spalaniu się słupka pirotechnicznego, nie znalazły rozpowszechnienia.

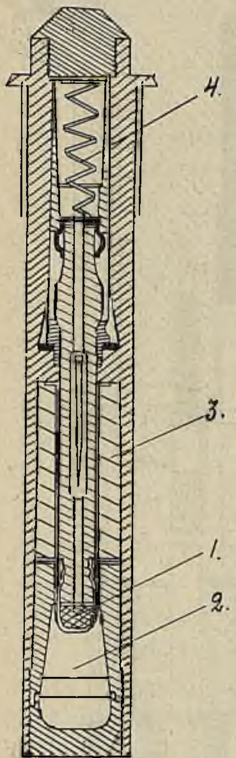


Rys. 13. Zapalnik austrjacki.

III. Bezpieczeństwo podczas strzału.

Bezpieczeństwo podczas strzału polega nie tylko na tem, aby zapalnik nie funkcjonował natychmiast po wstrząsie podczas strzału, lecz aby w razie samoczynnego działania spłonki ogień nie przeszedł do pocisku, oraz aby, w razie gwałtownego zatrzymania się pocisku, lub nagłego zmniejszenia jego szybkości podczas ruchu w lufie (zanieczyszczenie lufy), — było wykluczone funkcjonowanie zapalnika.

Pierwszemu wymaganiu czynimy zadość, obliczając każdą część zapalnika na wytrzymałość przy strzale w ten sam sposób, jak to robimy dla części pocisku (chodzi o to, aby poszczególne części nie uległy zniekształceniu się przy strzale).



Rys. 14. Zapaln. 3. Г. T.

Drugie wymaganie jest znacznie trudniejsze, i współczesna artylerja nie posiada prawie zapalników, któreby zabezpieczały od wybuchu w lufie na skutek samoczynnego działania spłonki. Zjawisko samoczynnego działania spłonki w chwili strzału zostało szeroko i wyczerpująco opisane w naszej i zagranicznej literaturach; nie będę więc zatrzymywał się nad niem i przejdę do podania niektórych rozwiązań, mających na celu zabezpieczenie zapalnika od skutków samoczynnego działania spłonki. Jednym z takich przykładów jest rosyjski zapalnik uderzeniowy 3. Г. T. (rys. 14). Charakterystyczną cechą tego zapalnika jest to, że w razie funkcjonowania spłonki (1) w lufie od wstrząsu przy wystrzale, wybuch jej następuje w komorze (2) ze stali o bardzo wysokich własnościach wytrzymałościowych. Komora tylko rozszerzy się, lecz ognia do pocisku nie przepuści. Po opuszczeniu lufy przez pocisk, gdy siła bezwładności przestaje działać, spłonka pod działaniem rozciągniętej sprężyny (4) posuwa się naprzód i wchodzi do innej komory (3) o słabych ściankach, napełnionej materjałem wybuchowym. Wtedy działanie spłonki następujące przy uderzeniu wywołuje natychmiast detonację w komorze wybuchowej pocisku.

Drugim przykładem jest zapalnik do 15 cm austr. haubic wz. 14, (rys. 13). Zapalnik ten zabezpiecza pocisk od skutków

przedwczesnego działania spłonki w sposób następujący. W razie wybuchu spłonki Sp — wybuch odbywa się w komorze zamkniętej i nie może spowodować detonacji detonatora Z, który ma tendencję wejść do powyższej komory pod działaniem sprężyny Fe, działającej na komorę detonatora Z. Kiedy pocisk jest w lufie, przeszkadza temu trzpień B (prawa strona rysunku), który opiera się o słupek R prochu czarnego sprasowanego. Podczas strzału słupek ten, spalając się powoli, zwalnia miejsce dla trzpienia B, który wciska się pod działaniem sprężyny Fe, posuwającej jednocześnie naprzód detonator Z, w który wchodzi spłonka Sp. Wtedy zapalnik jest uzbrojony. Ponieważ spalanie prochu trwa stosunkowo długo, odbezpieczenie zapalnika następuje po wylocie pocisku z lufy. Widzimy więc, iż projektując ten zapalnik konstruktor miał na celu otrzymanie absolutnie bezpiecznego zapalnika. Niestety, nie posiadamy danych, jak ten zapalnik funkcjonował u celu.

Trzecie wymaganie od zapalnika pod względem bezpieczeństwa podczas strzału polega na tem, że w razie zatrzymania pocisku podczas jego ruchu w lufie na skutek zanieczyszczeń tej ostatniej, — zapalnik nie powinien funkcjonować. Zapalniki, których działanie nie jest oparte na zasadzie bezwładności, czynią temu w większości wypadków zadość. Zapalniki zaś, działające na podstawie bezwładności, są pod tym względem niebezpieczne, jeżeli uzbrojenie zapalnika następuje w lufie. Widzimy więc, iż uzbrojenie się zapalnika poza lufą jest rzeczą niezmiernie ważną i z punktu widzenia bezpieczeństwa w lufie, zapalniki, uzbrajające się na zasadzie siły odśrodkowej, są o wiele lepsze od zapalników uzbrajających się na zasadzie siły bezwładności. Omawiany wyżej austr. zapalnik czyni zadość i temu wymaganiu.

Teoretycznie mówiąc, również dobrze jest skonstruowany pod tym względem zapalnik R. Y. G., który zabezpiecza od wybuchu w lufie, ponieważ uzbraja się po opuszczeniu lufy przez pocisk. Jednak samoczynne działanie spłonki powoduje wybuch w lufie. Oprócz tego bywają wypadki odrywania się iglicy albo koniuszczka iglicy*) w chwili wstrząsu w lufie. W tym wypadku uderzenie iglicy o spłonkę wywołuje katastrofę.

---

*) Zjawisko odrywania się koniuszczków iglic jest skutkiem przehartowania ostrza iglicy i chociaż rzadko, lecz zdarza się w praktyce.

Reasumując wyżej wymienione, możemy powiedzieć, iż idealnie skonstruowanym zapalnikiem pod względem bezpieczeństwa w lufie jest taki:

1) którego części składowe wytrzymują wstrząs w lufie,
2) który w razie samoczynnego działania spłonki jest bezpieczny,
3) który w razie zatrzymania się pocisku podczas ruchu w lufie jest bezpieczny i
4) w którym w razie oderwania się iglicy, ta ostatnia nie uderza o spłonkę.

Jeżeli weźmiemy pod uwagę, iż działanie zapalnika granatu w lufie powoduje zniszczenie działa, jest niebezpiecznem dla obsługi i podrywa zaufanie żołnierzy do swej broni, to przyjdziemy do wniosku, iż zbudowanie zapalnika, absolutnie pewnego co do działania w lufie, jest rzeczą niezmiernej wagi.

IV. Bezpieczeństwo zapalników na torze.

Bezpieczeństwo zapalników na torze może dotyczyć więcej pocisków, niemających prowadzenia na torze (koziołkujących), niż pocisków z prowadzeniem. Dla tych ostatnich pod bezpieczeństwem na torze rozumiemy nieczułość ich na opóźnienie pocisku, wywołane przez opór powietrza. Dotyczy to przeważnie zapalników bezwładnikowych, aczkolwiek musimy go uwzględniać i w zapalnikach innego rodzaju.

Jeżeli wystrzelimy poziomo i zmierzymy w dwóch punktach szybkości pocisku, to stratę szybkości możemy wytłumaczyć jedynie oporem powietrza. Różnica tych szybkości da nam opóźnienie pocisku na rozpatrywanym odcinku. Znając czas, w którym przebył pocisk dany odcinek, możemy określić opóźnienie pocisku w ciągu jednej sekundy. Pomnożywszy wielkość tego opóźnienia przez masę bezwładnika zapalnika, otrzymamy siłę, która porusza bezwładnik. Jeżeli siła ta będzie większa od istniejących oporów (opór sprężyny, siła tarcia i t. p.), to zapalnik jest niebezpieczny na torze. Można jednak obliczyć bezwładnik na bezpieczeństwo na torze i bez strzelania; z balistyki wiemy, iż opóźnienie pocisku jest funkcją szybkości pocisku, jego zarysu zewnętrznego oraz ciężaru pocisku i wyraża się wzorem $j = c\,F(v)$, gdzie: c — spółczynnik balistyczny podany w tabelach strzelniczych dla każdego rodzaju pocisku i zapalnika. Wartości F (v) podają tablice dla każdej szybkości.

Przykłady: 1) Skonstruowano zapalnik bezwładnikowy o ciężarze bezwładnika 20 g, który ma pokonać dla swego działania sprężynę 150 g. Czy możemy z zapalnikiem tym strzelać pociskiem 75 mm wz. 1900 z armaty wz. 97? Dla tego pocisku $v_0 = 550$ m/sek, $\lg c = \bar{4},88$. Z tabeli czytamy iż dla szybkości 550, — $\lg F(v) = 5,0614$, skąd opóźnienie $j = 87$ m/sek². Siła działająca na bezwładnik, na skutek opóźnienia ruchu pocisku, będzie: $F = \frac{20 \cdot 87}{10} = 174$ g. A ponieważ siła sprężyny jest 150 g, widzimy, iż zapalnik jest niebezpieczny na torze. W danym przykładzie siły tarcia nie wzięliśmy pod uwagę.

2) W zapalniku R. Y. G. 24/31 bezwładnik — 8 g, siła sprężyny — 600 g, a siła posuwająca bezwładnik, na skutek opóźnienia ruchu pocisku, wynosi zaledwie 59,6 g.

Jednak z pierwszego przykładu widzimy, iż siła działająca na bezwładnik jest małą i wystarcza dać nieco mocniejszą sprężynę, ażeby zapalnik był bezpiecznym na torze. Opór powietrza działa bezpośrednio na główkę zapalnika i stara się ją wtłoczyć wewnątrz. Siłę oporu powietrza łatwo jest obliczyć na zasadzie poniższego wzoru balistyki zewnętrznej, jednak nie jest to zawsze potrzebne; skoro główka została obliczona na bezpieczeństwo podczas strzału, napewno wytrzyma ona i opór powietrza. Co się tyczy zapalników tłoczeniowych musimy dążyć, żeby siła oporu powietrza, działająca na główkę zapalnika, była mniejsza od oporu sprężyny. Siłę oporu powietrza obliczyć tu można zapomocą przybliżonego wzoru (Mem. d'Art. 1927-VI — str. 207):

$$p = 0,11\, v^2 - 0,17$$

przyczem

p — opór powietrza wyrażony w kg/cm²

v — szybkość w hektometrach na sek.

Gorzej jednak przedstawia się sprawa z pociskami niemającemi prowadzenia na torze: koziołkowanie tych pocisków powoduje powstanie siły odśrodkowej, która może wywołać funkcjonowanie zapalnika. Musimy więc obliczyć zapalnik, biorąc powyższe pod uwagę i korzystając z poprzednich wzorów na obliczanie siły odśrodkowej.

V. Działanie zapalników u celu.

Pewność działania zapalników u celu mierzy się ich czułością pod względem kąta upadku oraz czułością pod względem wrażliwości na słabe opory. Oprócz tego, dla zapalników uderzeniowych ważnem jest t. zw. natychmiastowość, lub też działanie z opóźnieniem— zależnie od wymagania, które stawiamy pociskowi.

Wyżej mówiliśmy, że pod względem czułości na kąt upadku, zapalniki bezwładnikowe są lepsze, gdyż działają przy mniejszych kątach upadku, niż zapalniki tłoczeniowe i działające na zasadzie ścinania (porówn. zapalnik podw. dział. wz. 97 i zapalnik uderzen. R. Y. G. wz. 18).

Co się tyczy czułości zapalników pod względem wrażliwości na słabe opory, czyli zdolności zapalników uderzeniowych działania przy uderzeniu o słabe przeszkody, osiąga się to zapomocą osłabienia oporów przeszkadzających działaniu zapalnika (osłabienie sprężyn, przetyczek, polerowanie powierzchni ślizgających się i t.p.) oraz wzmocnienia czynników powodujących funkcjonowanie zapalnika (zwiększenie ciężaru bezwładnika, powiększenie powierzchni główek iglicznych w zapalnikach tłoczeniowych i t. p.). Jednak zbyt daleko posunięte kroki w tym kierunku mogą spowodować, iż zapalnik może stać się niebezpiecznym na torze. Dobór odpowiedniego zapalnika może być niekiedy czynnikiem rozstrzygającym losy bitwy; podczas wojny ros.-japońsk., rosyjska eskadra admirała Rożdiestwienskiego wystąpiła przeciwko Japończykom, mając przy pociskach większych kalibrów zapalniki z opóźnieniem, obliczonem w ten sposób, iż wybuch pocisku musiał nastąpić po przebiciu pancerza — wewnątrz okrętu. Postawiono za cel, aby jednym lub dwoma bezpośredniemi trafieniami wyprowadzić okręt z szeregów. Bitwa pod Cuszimą rozpoczęła się jak zwykle z armat wielkich kalibrów. Rosyjskie pociski, trafiając do stosunkowo słabych objektów (wieże armatnie, kominy, przestrzenie między pokładami), wybuchały daleko poza okrętem i wielkich szkód nie czyniły. Natomiast większość pocisków japońskich była zaopatrzona w bardzo czułe zapalniki, które funkcjonowały przy uderzeniu o najmniejsze przeszkody, nawet o stalowe liny. W krótkim czasie wszystko co było na powierzchni statku (sygnalizacja, obserwacja) oraz między pokładami zostało zniszczone i eskadra przestała być dowodzoną. Walka eskadry przeistoczyła się w walkę oddzielnych okrę-

tów bez łączności pomiędzy niemi i bez żadnego ogólnego kierownictwa. Następny atak torpedowców japońskich dokonał reszty.

O natychmiastowości zapalników mówiłem wyżej. Wiemy więc, iż pod tym względem zapalniki tłoczeniowe i działające na zasadzie ścinania są znacznie lepsze od zapalników bezwładnikowych.

Przejdę obecnie do obliczenia siły, działającej na zapalnik bezwładnikowy przy uderzeniu. Bierzemy największe zagłębienie się pocisku w ziemię, powiedzmy Sm i przypuszczamy, iż opór ziemi wywołuje jednostajnie opóźniony ruch pocisku (co obostrza warunki funkcjonowania zapalnika). Możemy obliczyć opóźnienie pocisku ze wzoru:

$$v_k = \sqrt{2jS}$$

gdzie; v_k — szybkość pocisku w chwili uderzenia o ziemię, czyli szybkość końcowa,
j — opóźnienie pocisku,
S — zagłębienie się pocisku.

Z tego wzoru określamy opóźnienie pocisku:

$$j = \frac{v^2_k}{2S}$$

Znając masę bezwładnika m, możemy określić siłę F, która pcha bezwładnik do przodu:

$$F = mj = \frac{v^2_k}{2S}$$

Przykład: Skonstruowano zapalnik bezwładnikowy dla 75 mm granatów wz. 17. Czy będzie on funkcjonował na miękkim gruncie, jeżeli bezwładnik jego waży 7 g i dla funkcjonowania zapalnika musi pokonać opór sprężyny równy 2 kg? Szybkość końcowa — 200 m/sek. Pocisk zagłębi się na 1,4 m. Ze wzoru:

$$F = \frac{mv^2_k}{2S} = \frac{7 . 200^2}{10000 . 2 . 1,4} = 10 \text{ kg}$$

widzimy, iż zapalnik będzie funkcjonował.

Zapalniki tłoczeniowe i oparte na ścinaniu, jak wiadomo, są znacznie czulsze niż zapalniki bezwładnikowe. Zapalnik I. A. L. wz. 16 skonstruowany jest w ten sposób, iż przetyczkę ścina się

przypuśćmy przy spadku młoteczka o ciężarze 1 kg, z wysokości 1 metra. Czyli, że dla funkcjonowania zapalnika potrzebna jest praca 1 kgm. Zobaczmy, jakiej stracie szybkości odpowiada ta praca. Jeżeli strzelamy pociskiem o ciężarze 5 kg, z szybkością w momencie uderzenia o ziemię równą 200 m/sek, to strata szybkości, odpowiadająca pracy 1 kgm będzie obliczała się ze wzoru:

$$\frac{m v^2}{2} - \frac{m v_1^{\,2}}{2} = 1 \text{ kgm}$$

Niech poszukiwany spadek szybkości będzie x i wtedy: $v_1 = v - x$ a powyższy wzór otrzyma postać:

$$\frac{1 \,.\, 5}{2 \,.\, 10} \left[200^2 - (200 - x)^2\right] = 1 \text{ kgm, czyli } (200^2 - 200^2 + 400x - x^2) = 4$$

skąd:

$$x_1 = 399{,}99 \qquad \text{i} \qquad x_2 = 0{,}01$$

bierzemy drugi pierwiastek, gdyż pierwszy nie nadaje się, albowiem straty szybkości 399,99 m/sek przy szybkości 200 m/sek nie możemy brać pod uwagę.

Drugi pierwiastek odpowiada stracie szybkości 1 cm/sek. To znaczy, iż zapalnik funkcjonuje przy tak małej stracie szybkości, przy której żaden bezwładnikowy zapalnik funkcjonować nie będzie. Zbadajmy jednak, jakiej wysokości spadku bezwładnika odpowiada powyższa strata szybkości.

Ze wzoru:

$$h = \frac{v^2}{2g} = {}^1/_{2000} \text{ cm} = {}^1/_{200} \text{ mm} \quad (!)$$

Takiej czułości oczywiście żaden zapalnik bezwładnikowy dać nie potrafi.

Wziąwszy pod uwagę wszystkie powyższe rozważania, możemy sprecyzować następujące wnioski:

1) Przy strzelaniu przy małych kątach upadku lepiej używać zapalnika bezwładnikowego, jako dającego większą pewność funkcjonowania.

2) Przy strzelaniu przy większych kątach, bez porównania lepszy jest zapalnik tłoczeniowy lub działający na zasadzie ścinania — jako bardziej natychmiastowy.

3) Najlepszym zapalnikiem uderzeniowym jest taki, który odbezpiecza się poza lufą, w razie samoczynnego działania spłonki nie funkcjonuje, w wypadku oderwania się iglicy również nie funkcjonuje, jest bezpieczny w razie zatrzymania się pocisku podczas jego ruchu w lufie, jest bezpieczny na torze i niezawodnie funkcjonuje u celu.

Wobec tego za najlepszy możemy uważać zapalnik uderzeniowy:

a. działający na zasadzie bezwładu i tłoczenia (lub ścinania) jednocześnie,
b. posiadający odbezpieczenie poza lufą,
c. niemający iglicy naprzeciwko spłonki aż do chwili uzbrojenia się zapalnika,
d. mający zabezpieczenie w razie samoczynnego działania spłonki,
e. mogący być jednocześnie natychmiastowym i z opóźnieniem, przyczem dla nastawiania na natychmiastowość lub na opóźnienie niewymagający skomplikowanego urządzenia.

Taki zapalnik, jeżeli nawet będzie nieco drogi, będzie jednak tańszy od zapalnika nieposiadającego jakiejkolwiek z powyższych zalet, gdyż nawet jedna zaoszczędzona przed wybuchem lufa, nie mówiąc już o życiu żołnierzy, okupi z nadwyżką domniemane podrożenie zapalnika.

KACZMARKIEWICZ EUGENJUSZ.

Z BADAŃ NAD STAŁOŚCIĄ PROCHÓW.

Treść: Sposoby ujawniania się wulkanizmu w ziarnach przy próbie cieplnej. Występowanie wulkanizmu w różnych gatunkach prochu. Wypadki rozpoznania ziarn wulkanicznych przed próbą cieplną. Doświadczenia z niemi. Objaw wulkanizmu wskaźnikiem zawartości gotowych produktów rozkładu w części ziarna. Metoda wykrywania ich w pokojowej temperaturze. Kilka słów o domniemanych przyczynach rozkładu. Stałość prochów nitroglicerynowych. Wybuchy podczas próby cieplnej. Oznaczanie ilości azotu potrzebnego do odbarwienia jednego papierka metylfioletowego normalnego. Wartość wyników przy zastosowaniu metody papierków metylfioletowych (niemiecko-amerykańskiej).

Bardzo liczne badania stałości różnych prochów bezdymnych, przeprowadzone w ostatnich kilku latach, wykazują, że zjawisko *wulkanizmu* opisane po raz pierwszy w Przeglądzie Artyleryjskim (zeszyt kwietniowy 1927 r.), spotykane następnie dość często w ziarnach prochu typu US3, występuje sporadycznie i w innych gatunkach prochu nitrocelulozowego, podczas gdy w prochach nitroglicerynowych, — pomimo równie licznych badań, — zjawisk tego rodzaju nie dało się zauważyć.

Dzięki paru wypadkom znalezienia ziarn wulkanicznych w większej ilości, posiadających często znaczną część rozłożonego miąższu prochowego tak, że można je było rozpoznać i wydzielić z pośród innych, nadarzyła się sposobność do bliższego ich zbadania przed próbą cieplną i do wyjaśnienia samego zjawiska wulkanizmu, jakie w nich zachodzi podczas próby cieplnej.

Przypomnimy tutaj, w jaki sposób ujawniają się ziarna wulkaniczne podczas próby cieplnej, uzupełniając dawniejsze obserwacje nowszemi, jakie od czasu do czasu nastręczały się przy badaniu stałości prochów. W najjaskrawszej formie wulkanizm niektórych ziarn prochu uwydatnia się przez prędkie, często po paru minutach, odbarwianie papierka metylfioletowego normalnego z jednoczesnem uwidocznieniem się mniej lub więcej obfitych tlenków azotu; po wyjęciu probówki z termostatu i przejrzeniu jej zawartości — łatwo da się zauważyć jedno lub więcej ziarn z większemi lub mniejszemi wzdęciami kanarkowo-żółtej barwy; w środku większych wzdęć można zauważyć mniejsze, w postaci kopułek, stożków, kraterów, kuleczek, łączących się z podstawą wąską szyjką, zwykle ciemniejszych, na wierzchołku jakby zwęglonych; struktura tych utworów jest gąbczasta i bardzo krucha. W mniej wyraźnej formie wulkanizm przejawia się jako drobne wzdęcie, posiadające zawsze barwę kanarkowo-żółtą, łatwą do spostrzeżenia; wtedy odbarwienie papierka następuje po nieco dłuższym czasie ze słabem wydzielaniem się tlenków azotu, lecz znacznie krótszym, niż dany typ prochu zwykle wytrzymuje. Powyższe wzdęcia nie należy identyfikować z występującemi prawie zawsze przy próbie cieplnej większemi lub mniejszemi wzdęciami w prochach wszystkich typów, a najwyraźniej w taśmowych; pierwsze wypełnione są żółtym, pochodzącym z rozkładu miąższem, drugie zaś, jak to udało się nam stwierdzić, wypełnione są tlenkami azotu wydzielonemi normalnie podczas ogrzewania prochu w termostacie.

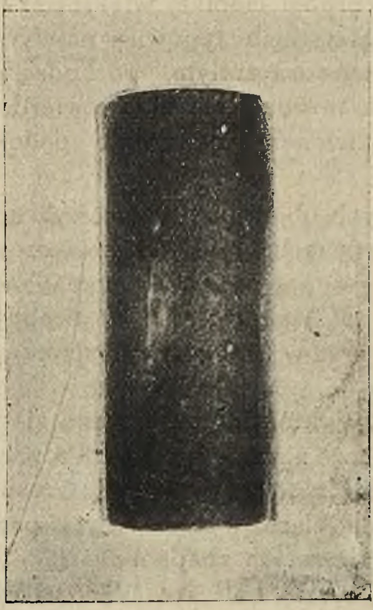
Opierając się na tych znamiennych objawach, można było spostrzec ziarna wulkaniczne także w prochach typu US1 dość często w dwóch wypadkach w typie US5, w pojedyńczych wypadkach, w prochach taśmowych BG5, BSP, i BC, jak również w drobnym prochu tabliczkowym niegrafitowanym oraz w drobnym cylindrycznym grafitowanym.

Pominiemy tu proch typu US1, w którym znajdywane ziarna wulkaniczne były analogiczne do takichże ziarn w typie US3, a przejdziemy do typu US5, który okazał się z tego względu interesującym, że pozwolił nam na rozpoznanie ziarn wulkanicznych przed poddaniem ich próbie cieplnej i na bliższe ich zbadanie.

Okazy tego prochu, oznaczone w C. B. Lab. Nr. 17144 i 17145, były jak zwykle ciemne, prawie czarne, wiele ziarn było zabarwionych czerwonym tlenkiem żelaza. Podczas próby cieplnej w trzech próbkach ujawniły się po jednem lub dwa ziarna wulkaniczne.

w czwartej zaś nie znaleziono żadnego; ta ostatnia wytrzymała 90 minut, a tlenki azotu uwidoczniły się po 150 min.

Przy szczegółowem przeglądaniu ziarn pozostałych z próbek tego prochu dało się wyróżnić i wydzielić z nich kilkadziesiąt okazów posiadających na swej powierzchni jaśniejsze większe lub mniejsze plamy o niewyraźnych konturach w środku lub na krawędziach cylinderka (rys. 1). Takie ziarna poddane pojedyńczo próbie cieplnej okazały się wszystkie w wysokim stopniu wulkanicznemi. Barwa plam stawała się jaskrawo żółtą, powierzchnia ich wzdymała się, a na wzdęciach tworzyły się mniejsze różnego kształtu w postaci kopułek, stożków lub kulek, połączonych wąską szyjką z podstawą (rys. 2). Często kontury wzdęć i wierzchołki, a nawet małe wzdęcia, ciemniały podczas dalszego ogrzewania. Ziarna o większych plamach wydzielały przytem bardzo obfite tlenki azotu i ulegały w tej atmosferze samozapalaniu. Kilka takich wybranych ziarn przy wydzieleniu bardzo gęstych tlenków azotu wybuchło już po 10 minutach, kiedy temperatura ich nie zdążyła dojść do 135° C, jaką posiadał termostat, pozostawiając w probówce znaczną ilość



Rys. 1. Ziarno wulkaniczne prochu US5 przed próbą cieplną. Powiększenie pięciokrotne.



Rys. 2. To samo ziarno prochu US5 po próbie cieplnej. Powiększenie pięciokrotne.

niespalonego węglą. Ziarno, które wydzieliło przy próbie cieplnej tlenki azotu, po wrzuceniu go do drugiej czystej probówki ogrzewane w dalszym ciągu, wydzielało już tylko nikłe tlenki azotu, a papierek metylfioletowy wymagał już znacznie dłuższego czasu do swego odbarwienia, pomimo, że obok rozłożonej pozostała jeszcze znaczna część zdrowego ziarna. Traci ono przytem znacznie na wadze zależnie od wielkości rozłożonej jego części; tak np. okaz, który mniej więcej w połowie uległ rozkładowi, ważący przed próbą cieplną 0,2436 g, stracił na wadze po tej próbie 0,0584 g, czyli prawie 24%, podczas gdy przeciętna strata ziarn normalnych tego prochu po pięciogodzinnem ogrzewaniu wynosi 4,7%, przy maksimum 7,2% i minimum 2,0%. Ziarno takie po próbie cieplnej, po zetknięciu z płomieniem pali się tylko w zdrowych swych częściach, rozłożona zaś jego część tylko się zwęgla. Ziarna normalne po próbie cieplnej palą się zwykle żywo, bez przerwy, i prawie kompletnie.

Jeżeli wybrane ziarno przed próbą cieplną rozłupiemy w kierunku osi cylindra tak, że otrzymamy przecięcie mniej więcej przez środek jaśniejszej, widocznej na powierzchni plamy — można łatwo wyróżnić tuż pod nią jaśniejszą żółtawej barwy smugę miąższu grubości 1 do 2 mm stopniowo w obie strony zmniejszającą się i zanikającą w ciemnym normalnym miąższu; ten jaśniejszy miąższ prześwieca nazewnątrz, co pozwala wyróżnić ziarna skłonne do wulkanizmu przy próbie cieplnej. Ta część miąższu jest dość kruchą, daje się nożykiem zeskrobywać w postaci dość drobnego proszku w przeciwieństwie do zbitej rogowatej normalnej, nieuległej jeszcze rozkładowi części ziarna. Jeżeli źdźbła takie z pod nożyka będą bezpośrednio spadały na lekko zwilżony papierek jodoskrobiowy, można po chwili zauważyć pod niemi zniebieszczenie papierka (wydzielenie jodu). Woda, zawierająca kilka takich ziarn, wykazuje po pewnym czasie kwaśny odczyn przy użyciu metyloranżu, jako wskaźnika. Wreszcie papierek metylfioletowy w probówce, zawierającej kilka takich ziarn, odbarwia się całkowicie po 48 godzinach w pokojowej temperaturze. Zeskrobane żółtawe źdźbła umieszczone w tyglu na płomieniu nie zapalają się lecz zwęglają podobnie jak takież źdźbła po próbie cieplnej. Zapalone takie ziarno pali się z trudnością,—przerywanym płomieniem i często gaśnie, a dla spalenia całego takiego ziarna nieraz potrzeba kilkakrotnie zbliżać go do płomienia; pozostawia ono przytem mniejszą lub większą ilość niespalonego węgla. Ziarna takie, zalane alkoholem, po upływie doby

w miejscach rozkładu mięknątm pęcznieją i wydzielają biały osad (zdenitrowana celuloza), a alkohol barwi się na żółto (wskutek obecności nitropochodnych centralitu i difenylaminy). P. kpt. J. Hołowacz poddawał moczeniu dwie próbki ziarn wulkanicznych w alkoholu zawierającym 3,2% dwufenylaminy; pierwszą w ciągu 170 godzin, poczem zmienił ciecz i w dalszym ciągu moczył jeszcze 50 godz.; drugą — w takimże roztworze tylko raz w ciągu 170 godz. Obie próbki zostały następnie przemyte alkoholem, potem wodą i wysuszone przy 50° C w ciągu 15 godz. Otrzymane w różnym stopniu nadgryzione ziarna poddane zosłały w zwykły sposób próbie cieplnej przy 135° C. Pierwsza wytrzymywała od 140 do 170 min., druga zaś od 75 do 90 min.; ta ostatnia wydzieliła na ściankach probówki delikatny zółty nalot; tlenki azotu były bardzo słabe po 280 min.

Okazuje się więc, że mamy tu do czynienia z ziarnami prochu, będącemi w dalako już posuniętym stanie rozkładu, którego produkty stanowią: 1) części stałe w postaci jaśniejszej żółtawej skruszałej masy, nieposiadające już własności wybuchowych i 2) przenikające ją inkludowane lub okludowane części gazowe w postaci tlenków azotu, które powoli w zwykłej normalnej temperaturze wydostają się nazewnątrz. Ta ostatnia właściwość ziarn wulkanicznych pozwala na wykrywanie ich i oznaczanie procentowej ich zawartości w pokojowej temperaturze przy zastosowaniu następującej bardzo prostej metody. Na taflę szklaną o powierzchni rowkowatej wysypujemy próbkę prochu i rozprowadzamy ją tak, ażeby ziarna ułożyły się w rowkach w jednej warstwie; nakrywamy ją następnie papierem metylfioletowym decynormalnym, a na ten nakładamy zwykłą taflę szklaną. Tak przygotowaną próbkę, która może zawierać kilkaset ziarn prochu, pozostawiamy w spoczynku. O ile wśród ziarn tej próbki znajdzie się jedno lub więcej w stanie dość posuniętego rozkładu, to już po upływie jednego lub paru dni z łatwością będzie można zauważyć występujące nad niemi na tle papierka metylfioletowego jasne zielonkawo-niebieskawe plamki. Plamki te można prędzej spostrzec na stronie papierka bezpośrednio przylegającej do prochu; dlatego też celem wykrycia ziarn wydzielających bardzo słabe tlenki azotu, wymagających zatem dłuższego czasu do uwidocznienia jasnych plamek, należy odchylać papierek dla obserwacji w taki sposób, ażeby przy powrotnem nakryciu nie zmienić jego pierwotnego położenia względem ziarn na tafli. Metoda ta umożliwia wykrycie ziarn, zawierających

pewne minimum rozłożonego miąższu prochowego; niższe jego zawartości może ujawnić tylko próba cieplna w formie mniej lub więcej wyraźnego wulkanizmu.

Samo zjawisko wulkanizmu, występujące podczas próby cieplnej, daje się dostatecznie wytłumaczyć jako następstwo istniejących już w ziarnie produktów rozkładu.

Podczas ogrzewania prężność inkludowanych tlenków azotu wzrasta, obficiej przenikają one zewnętrzną twardszą warstwę ziarna, która przybiera wtedy jaskrawo żółtą barwę i pod wzrastającem ciśnieniem nabrzmiewa. W dalszym ciągu wskutek zwiększenia się objętości rozłożonej, żółtej masy, przenikniętej okludowanemi lub też łatwo wydzielającemi się gazami, napór ciśnienia na zewnętrzną sciankę staje się na tyle silny, że w jednem lub paru miejscach ona pęka, a przez szczeliny wydostaje się gęsta zawartość nazewnątrz, tworząc dziwacznego kształtu stożki, kopułki, kulki i t. p. (rys. 2); jeżeli wierzchołki tych utworów w czasie ich powstawania zetkną się ze ścianką probówki, to przyklejają się do niej, co dowodzi, że masa ta w pewnej chwili jest ciekłą i lepką, szybko zastygającą w postaci gąbczastej kruchej substancji barwy przeważnie żółtej, często ciemnej, jakgdyby zwęglonej.

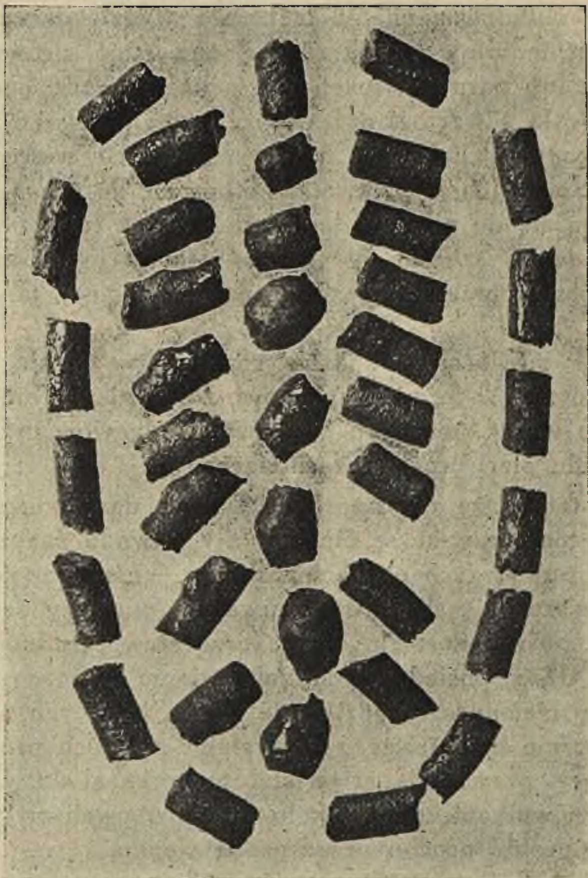
Zależnie od ilości produktów rozkładu w ziarnie, wulkanizm może się kończyć w formie kanarkowo-żółtej plamki lub też z przejściami aż do wyżej opisanych jaskrawych objawów przy zupełnem zniekształceniu pierwotnej postaci ziarna.

Dzięki temu, że ziarna prochu US5 są dosyć duże, o wymiarach 10 $\times$ 5 mm, zawsze są ciemne, a z powodu znacznie już posuniętego w powyższych okazach rozkładu,—jaśniejsze plamki większe lub mniejsze dają się łatwo zauważyć, więc wyodrębnienie takich ziarn z pośród normalnych nie przedstawia trudności. W prochach typu US3, posiadających zabarwienie od jasno woskowego do zupełnie ciemnego, wydzielanie ziarn będących w rozkładzie jest już znacznie trudniejsze. Korzystając z dwóch próbek takiego prochu, który przy badaniu na stałość wykazał duży stosunkowo procent ziarn wulkanicznych (około 4%), spróbowaliśmy wydzielić je z pozostałej próbki prochu przed próbą cieplną.

Po wstawieniu ich pojedyńczo w probówkach do termostatu okazało się, że na 11 sztuk wybranych okazów było 6 wulkanicznych, ale i w pozostałości, z której wyeliminowano te 11 ziarn, ujawniły przy próbie cieplnej wyraźne oznaki wulkanizmu jeszcze kilka ziarn.

Na rys. 4 przedstawione są zdjęcia 4 ziarn wulkanicznych z bardzo wyraźnemi jaśniejszemi plamami przed próbą cieplną, a na rys. 5 tych samych ziarn po próbie cieplnej.

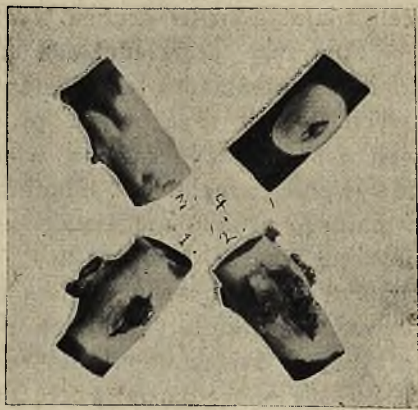
W prochach taśmowych i drobnych płytkowych wulkanizm podczas próby cieplnej przejawia się w ten sposób, że powierzchnia tafelki przybiera jak zwykle barwę kanarkową, a na niej powstają drobne wzdęcia w kształcie stożków tej samej lub ciemniejszej barwy w rodzaju inkrustacji. Trafiło się to w pojedyńczych wypadkach, szczegółowych badań nie dało się przeprowadzić, stwierdzamy więc narazie tylko sam fakt.



Rys. 3. Ziarna prochu drobnego cylindrycznego średnicy = 0,5 mm, długości = 1 mm, po próbie cieplnej. W otoczeniu ziarn normalnych widoczne są ziarna zdeformowane wulkaniczne. Powiększenie dziesięciokrotne.



Rys. 4. 4 ziarna wulkaniczne z widocznemi woskowo-żółtemi plamami przed próbą cieplną. Powiększenie 1:1,5.



Rys. 5. Te same 4 ziarna wulkaniczne po próbie cieplnej. Powiększenie 1 : 1,5.

Interesującym jest wypadek znalezienia ziarenek wulkanicznych w drobnym prochu cylindrycznym grafitowanym o średnicy = 0,5 mm i długości = 1 mm (analiza 19110). Wytrzymałość tego prochu na normalny papierek metylfioletowy wynosiła zaledwie 15 minut, gdy zwykle tego typu prochy wytrzymują powyżej 40 minut. Po wysypaniu próbki na papier można było spostrzec gołem okiem w wielu miejscach ziarnka żółte pomimo przyciemnienia grafitem; rozpatrywane pod lupą wykazują na bocznej powierzchni lub u podstaw cylinderka mniejsze lub większe wzdęcia, barwy kanarkowej podobnie, jak przy prochach US3; wzdęcia te często są tak duże, że ziarenka, pierwotnie cylindryczne, przybierają kształt żółtych kuleczek z przyczepionemi do nich ciemnemi resztkami cylinderka (rys. 3) Ilość ziarenek wulkanicznych z 2,5 gramowej próbki tego prochu wynosiła od 25 do 35 szt. wagi 0.02 g do 0,03 g, co stanowi średnio okolo 1%. Inna próbka tego prochu wyjęta została z termostatu zaraz po odbarwieniu papierka t. j. po 15 minutach i po usunięciu z niej wszystkich żółtych ziarenek ponownie poddana została w zwykły sposób próbie cieplnej; okazało się, że tak oswobodzona od ziarn wulkanicznych próbka wytrzymała jeszcze 40 minut pomimo poprzedniego 15 minutowego ogrzewania, a zatem gdyby dało się wydzielić te ziarenka bez stosowania próby cieplnej, proch ten posiadałby wytrzymałość co najmniej 50 minut. O wyodrębnieniu tutaj ziarn będących w stanie rozkładu przed próbą cieplną nie

może być mowy, ujawnić je może tylko próba cieplna i to w razie, jeżeli znajdzie się w próbce wystarczająca ich ilość.

Powyższe doświadczenia doprowadzają nas do wniosku, że zjawisko wulkanizmu jest następstwem obecności w ziarnie już gotowych stałych i gazowych produktów rozkładu, jaki z niewiadomych nam przyczyn zaszedł w niektórych ziarnach podczas przechowywania prochu w składnicach; nie pochodzi ono z miąższu normalnego prochu ulegającego tylko powolnemu rozkładowi pod wpływem wyższej temperatury. Godnym uwagi jest fakt, że takie ziarna w partji prochu trafiają się sporadycznie i to prawdopodobnie we wszystkich gatunkach prochu nitrocelulozowego*), a więc i przyczyna dająca impuls do rozkładu musi występować sporadycznie. Takie sporadyczne przyczyny mogą zachodzić przy fabrykacji nitrocelulozy, a mianowicie: możliwość zatrzymania w niektórych strzępkach bawełny drobnych ilości mieszanki nitrującej pomimo starannego przemywania. Wiadomo, że drobna ilość kwasów, szczególnie kwasu siarkowego może rozłożyć znaczną ilość nitrocelulozy; jeżeli takie źdźbło nitrocelulozy z zawartością kwasów wejdzie do budowy ziarna lub wstęgi prochu, zjawisko postępowego rozkładu jak również jego sporadyczność stają się zrozumiałe, a próba cieplna ujawni taki rozkład w wyraźnej, często bardzo jaskrawej formie, zależnie od ilości produktów rozkładu. Ziarna takie mogą zarażać zdrowe i zczasem cała ilość prochu, znajdująca się w zbiorniku ulegnie rozkładowi. Wydzielające się tutaj w zwykłej temperaturze tlenki azotu również wywierają szkodliwy wpływ na konserwację całej partji prochu i działają one utleniająco na metalowe części zbiornika, obecność więc tych tlenków np. czerwonego tlenku żelaza, którym część stykających się z nim ziarn bywa zabarwioną, może służyć wskazówką, że w zawartości mogą być ziarna w stanie rozkładu. Opierając się na pracach Will'a, wykazujących, że dobrze stabilizowana nitroceluloza, t. j. taka, która osiągnęła graniczny punkt stabilizacji, w normalnych warunkach temperatury latami, a nawet dziesiątkami lat nie ulega wyraźnie uchwytnym zmianom,— słusznie możemy twierdzić, że wyrobione z takiej nitrocelulozy prochy przy zastosowaniu odpowiednich stabilizatorów, tak pod względem ich jakości, jak ilości, co najmniej w tym samym stopniu winny zachować swoją stałość.

---

*) Potrzeba szczególnego trafu, ażeby z partji prochu, ważącej setki kilogramów, a mogącej zawierać około 1% ziarn wulkanicznych, dostało się jedno takie ziarno do próby cieplnej, do której używa się dla dwóch oznaczeń zaledwie 5 g.

Jeżeli z biegiem krótszego lub dłuższego czasu z jakichkolwiek powodów nastąpił początek rozkładu, który następnie może się posuwać w przyśpieszonem tempie aż do jaskrawo widocznych objawów, których przykłady podaliśmy wyżej, to winien on objąć całość partji, a przynajmniej znaczną, a nie znikomo małą jej część; z drugiej strony jeżeli przyjmiemy, że w ten sposób zachodzi rozkład stopniowy całej masy prochu w partji, to również należałoby wyjaśnić powód, dla którego tylko drobna część ziarn ulega prędszemu rozkładowi i stają się one przez to bardzo wczesnemi zwiastunami rozkładu całej partji prochu. Przyczyny omawianych zjawisk można doszukiwać się także w niejednorodności masy prochowej w tem znaczeniu, że mogą w niej powstawać wkropienia lub smugi niezżelatynowanej nitrocelulozy o wyższym stopniu nitracji, ulegającej — jak wiadomo — łatwiejszemu rozkładowi, co nie jest wyłączone przy fabrykacji bawełny strzelniczej. Jeżeli taka, trudno żelatynująca się bawełna rozprowadzona została równomiernie w całej masie przez staranne mieszanie, otrzymamy prochy naogół o niższej wytrzymałości; w przeciwnym razie otrzyma się część ziarn czy taśm prochowych o szybszym rozkładzie w porównaniu z całą masą, a gromadzące się w miąższu z biegiem czasu produkty rozkładu ujawnią przy próbie cieplnej zjawisko wulkanizmu. W praktyce naszej przy badaniu stałości prochów dało się zauważyć w licznych wypadkach, że bywają prochy tego samego typu, jednakowego wyglądu i wieku o znacznych różnicach wytrzymałości od 50 do 130 minut, przytem prochy o niskiej wytrzymałości po próbie cieplnej przybierają zwykle jaśniejszą barwę z odcieniem żółtawym, zbliżoną do ziarn wulkanicznych i wydzielają obfitsze tlenki azotu, bardziej zaś wytrzymałe w tych warunkach ciemnieją, wydzielając bardzo słabe tlenki azotu.

Z tego punktu widzenia, dla uniknięcia wytwarzania ziarn wulkanicznych, należy dążyć, ażeby masa prochowa była w swej całości jednorodną. Przeprowadzone w ostatnim czasie mikroskopowe badania ziarn prochowych przez A. I. Philipsa*) wykazują zmienność struktury miąższu prochowego w zależności od siły sprasowania, jakości nitrocelulozy (guncotton i guncotton pyro), lotności i nielotności oraz ilości użytego żelatynizatora. Z przedstawionych w tej pracy zdjęć mikroskopowych okazuje się, że już silniejsze

---

*) „Army Ordnance" XI/XII 1930: „Smokeless Powder Grains Causes and Characteristics of Structurals Variations".

sprasowanie powiększa jednorodność miąższu ziarna i że można ją osiągnąć w znaczniejszym stopniu przez powiększenie ilości żelatynizatora. Podaje też autor zdjęcia prochów nitrocelulozowych 20-to letnich, których struktura uległa znacznym zmianom wskutek ulotnienia się rozpuszczalników; stały się one kwaśne i utraciły swoją stałość. Taki jednak rozkład zachodzić może, przy odpowiednich warunkach przechowania, w całej masie prochu i jest innego rodzaju, niż to bywa w ziarnach wulkanicznych, których zmiana struktury już mikroskopowo przedstawia się odmiennie. Do powstawawania ziarn wulkanicznych mogą przyczynić się także odpadki prochowe z poprzednich seryj wyrobu, zabierane zwykle do następnych, a które ulegając kilkakrotnym operacjom podczas fabrykacji — mogą dawać w miąższu świeżego materjału źdźbła o bardzo niskiej stałości, dające początek samoczynnemu rozkładowi i to tem prędzej, i w pokaźniejszej ilości, im większe takie źdźbło wejdzie do budowy ziarna. W ten sposób dałyby się wytłumaczyć różne stadja rozkładu, jakie zaszły w pojedyńczych ziarnach danej partji prochu w ciągu jednakowego czasu przechowania, a ujawniające się przy próbie cieplnej w formie wulkanizmu, od najjaskrawszej do zaledwie dostrzegalnej. Dało się też zaobserwować, że szereg próbek wziętych z partji zawierającej około 3% ziarn silniej lub słabiej wulkanicznych, wykazał różną lecz naogół niższą wytrzymałość przy próbie cieplnej od normalnej, co dowodziłoby istnienia zarodków rozkładu w znaczniejszej ilości ziarn, na tyle jeszcze słabego, że nie można było w nich zauważyć najmniejszego objawu wulkanizmu; należałoby stąd wnosić, że samoczynny rozkład prochu z biegiem czasu ujawniałby się w stopniowem powiększeniu ilości ziarn wulkanicznych, a przypisaćby go należało drobnym ilościom nitrocelulozy o niskiej stałości *). Jak już zaznaczyliśmy na wstępie, wśród prochów nitroglicerynowych pomimo równie licznych oznaczeń stałości próbek różnych gatunków tego prochu, nie natrafiono na okazy ziarn z objawami wulkanizmu. Wprawdzie ich próbę cieplną przeprowadza się w temperaturze 120° C lecz, jak wiemy, zjawisko wulkanizmu występuje nawet poniżej 100° C, o ile w ziarnie są gotowe

---

*) Mieliśmy w badaniu okaz nitrocelulozy, w której zwykłemi metodami nie dało się wykryć kwasu, a która poddana próbie cieplnej wytrzymała zaledwie 10 minut z wydzieleniem obfitych tlenków azotu stopniowo zanikających; do wybuchu nie doszło. Po kilkakrotnem przemyciu wodą na sączku i wysuszeniu przy 50°—55°C, poddana próbie cieplnej, wytrzymała normalny czas 30 minut z wydzieleniem normalnych tlenków azotu.

produkty rozkładu. Opierając się na dotychczasowym materjale doświadczalnym otrzymuje się wrażenie, że prochy nitroglicerynowe zachowują swą stałość bez zmiany przez czas znacznie dłuższy niż nitrocelulozowe. Przypisać to należy właściwościom nitrogliceryny, która, wchodząc w skład tego prochu jako materjał wybuchowy łącznie z nitrocelulozą, jest zarazem dla tej ostatniej dobrym żelatynizatorem, wskutek czego struktura miąższu, a z nią i stałość w normalnych warunkach przechowywania nie mogą ulec większym zmianom, jak to bywa w miąższu prochów czysto nitrocelulozowych, gdzie stosuje się rozpuszczalniki lotne. Wynikałoby, że dodatek pewnego minimum nitrogliceryny lub wyższych estrów szeregu alifatycznego do lotnych rozpuszczalników w pewnem stadjum fabrykacji prochu nitrocelulozowego mógłby wpłynąć dodatnio na przedłużenie jego stałości i zabezpieczyć od pojawiania się ziarn wulkanicznych. Nitrogliceryna będąc cieczą oleistą nie jest hygroskopijna i dlatego zawierające ją prochy bezdymne nie ulegają działaniu wilgoci, a przynajmniej w znacznie mniejszym stopniu, niż prochy czysto nitrocelulozowe.

Liczby stałości prochów nitroglicerynowych wahają się w granicach od 25 do 200 minut i zależne są głównie od ilości zawartej w nich nitrogliceryny tak, że cechy stałości nitrocelulozy są w nich zupełnie zamaskowane. Tlenki azotu występują zwykle dość wyraźnie, lecz naogół z nielicznemi wyjątkami słabo nawet w tych wypadkach, kiedy mamy do czynienia z okazami bardzo rozdrobnionemi, np. w postaci cieniutkich okrągłych łusek, odbarwiającemi papierek już po 25 min. Nie było też ani jednego wypadku wybuchu tych prochów podczas próby cieplnej, prowadzonej przy temperaturze 120° C. Nie zaobserwowano też żadnych anomalij, których nie dałoby się wyjaśnić większą lub mniejszą zawartością nitrogliceryny, stanem rozdrobnienia, zawartością wody (niepochodzącej z hygroskopijności) lub obecnością nitrozwiązków użytych w celu flegmatyzacji; rozłożonej w nich części miąższu, która musiałaby się ujawnić w analogicznej formie, jak w prochach nitrocelulozowych, — dotychczas nie napotkano. Wynikałoby, że prochy nitroglicerynowe nie ulegają samoczynnemu rozkładowi, a przynajmniej w daleko mniejszym stopniu, niż to bywa w prochach czysto nitrocelulozowych.

W związku z objawami wulkanizmu zdają się być wypadki, bardzo zresztą rzadkie, przedwczesnego wybuchu, po 15 do 30 min. ogrzewania, występującego przed odbarwieniem papierka i bez uwi-

docznienia się tlenków azotu. Trafiło się to trzykrotnie w prochach taśmowych typu BSP i BC i dwukrotnie w prochu US3. Jeżeli przypuścimy, że jakaś część miąższu tego prochu zawierała uwięzione produkty rozkładu, to zjawisko wybuchu tego rodzaju daje się łatwo wytłumaczyć, biorąc pod uwagę stwardniałą, rogowatą, nieuległą jeszcze rozkładowi, trudno przenikliwą dla gazów, otaczającą je powłokę. Pod wpływem ogrzewania tak gotowe, jak i szybko wydzielające się produkty gazowe, niemające swobodnego wyjścia, nabierają wysokiej prężności, ciśnienie ich wzrasta w sposób prawie adiabatyczny, wskutek czego następuje szybki miejscowy wzrost temperatury, mogącej dojść do punktu zapalności prochu. Stosunkowo rzadkie wybuchy prochów nitrocelulozowych podczas próby cieplnej są zawsze poprzedzone wydzieleniem obfitych tlenków azotu, chociaż pomimo ich wystąpienia przeważnie do wybuchu nie dochodzi przy 135^0 C; jeżeli jednak podniesiemy temperaturę o parę stopni np. do 140^0—145^0 C prochy takie zawsze ulegają samozapaleniu, podczas gdy inne prochy ze słabemi tlenkami azotu w tych samych warunkach nie wybuchają i wymagają do tego temperatury wyższej.

Należy tu zaznaczyć, że rozkład czystej nitrocelulozy podczas próby cieplnej (a także i w normalnych warunkach) jest zjawiskiem dość złożonem. Na podstawie badań Will'a i innych, wśród gazowych produktów rozkładu poza tlenkami azotu występują jeszcze: dwutlenek węgla, azot, tlenek węgla i woda, w prochach zaś wskutek dodatku stabilizatorów, w postaci organicznych związków, pochodnych amoniaku i mocznika, a także pozostałości żelatynizatorów, rozkład staje się bardziej jeszcze skomplikowanym wskutek wtórnych reakcyj pomiędzy produktami rozkładu. Stosowana u nas metoda badań stałości prochów bezdymnych zapomocą papierków metylfioletowych przy 135^0 C (metoda niemiecko-amerykańska) uwzględnia jeden tylko wprawdzie najważniejszy produkt rozkładu — tlenek azotu, który w zetknięciu z tlenem powietrza przechodzi w dwutlenek, oddziaływający na papierek. Metoda ta jest do pewnego stopnia ilościową w tem znaczeniu, że papierek ustalonej wielkości, nasycony przygotowanym podług stałej recepty roztworem, wymaga do swego odbarwienia stałej ilości azotu w postaci jego dwutlenku. Ilość ta na podstawie szeregu oznaczeń, w odpowiednio przeprowadzonych przez nas doświadczeniach z różnemi gatunkami prochów, wyraża się wielkością około 0,1 mg azo-

tu, czyli około 0,3 mg jego dwutlenku na odbarwienie jednego normalnego papierka.

Wielkość ta została oznaczona z ilości wydzielonego jodu, z roztworu jodku potasu przez dwutlenek azotu, wydzielony z prochu przy określonej temperaturze w ciągu czasu, potrzebnego do odbarwienia papierka, w sposób następujący. Do dwóch probówek wsypano po 2,5 g badanego prochu; do jednej z nich wsunięto, jak zwykle, papierek metylfioletowy normalny, do drugiej zaś wprowadzono rurkę szklaną, zakończoną otwartym kloszykiem o średnicy nieco mniejszej od średnicy wewnętrznej probówki, którego krawędź ustawiono w odległości 2 mm od powierzchni prochu w probówce. Drugi koniec tej rurki, odpowiednio wygiętej, łączono z małą płuczką, tę zaś z aparatem kulkowym, napełnionym do połowy jednoprocentowym roztworem jodku potasu z dodatkiem roztworu skrobi;*) końcową rurkę aparatu kulkowego połączono z aspiratorem. Obie probówki z prochem wstawiono jednocześnie do termostatu, a wydzielające się w drugiej probówce gazy wraz z powietrzem były przeciągane przez oba aparaty absorbcyjne do aspiratora z szybkością jednego do dwóch pęcherzyków na sekundę. Z chwilą rozpoczęcia się rozkładu występuje lekkie zaniebieszczenie płynu w pierwszem naczyniu (w płuczce) stopniowo coraz intensywniejsze, następnie występuje zabarwienie w pierwszej kulce i słabsze w drugiej kulce aparatu kulkowego; roztwór w trzeciej kulce zwykle pozostaje bezbarwny, co jest dowodem, że wszystek dwutlenek azotu został zaabsorbowany w poprzednich naczyniach. Przepływ gazów przerywano z chwilą, gdy papierek w pierwszej probówce został odbarwiony. Roztwór jodoskrobiowy zlewano do jednego naczynia i mianowano $^1/_{10}$ N tiosiarczanem sodu. Wykonano czternaście tego rodzaju oznaczeń w prochach tak nitrocelulozowych przy 135^0 C, jak i nitroglicerynowych przy 120^0 C o wytrzymałości na papierek od 40 do 120 minut, a także w piroksylinie o wytrzymałości 30 min. Liczby w ten sposób osiągnięte wypadły przeważnie bardzo do siebie zbliżone, a największe wahania mieściły się w granicach od 0,084 mg do 0,126 mg, średnia zaś wypadła 0,104 mg azotu w postaci jego dwutlenku na odbarwienie papierka.

Nie wchodzi tu naturalnie azot, mogący się wydzielić jako N_2O_3, N_2O lub wreszcie jako wolny azot. Ilość zatem ogólna wy-

*) Roztwór jodoskrobiowy stosował Hess w swej metodzie badania stałości nitrocelulozy; notował on czas pojawienia się niebieskiego zabarwienia oraz intensywności w różnych stadjach i stąd wnioskował o stopniu jej stałości.

dzielonego azotu w czasie odbarwiania papierka może być wielokrotnie większa niż 0,1 mg; jeżeli wziąć pod uwagę wszystkie gazowe produkty rozkładu, to suma ich może się wyrazić już w całych miligramach, a nawet w centigramach na 2,5 grama próbki badanego materjału. Dla czystej nitrocelulozy stosunek wszystkich lotnych produktów rozkładu do ilości wydzielonego azotu jest podług Will'a wielkością stałą i wyraża się jak 100 do 18,5; wydaje się możliwem, że i w prochach zachodzi jakiś stosunek pomiędzy wydzielonym dwutlenkiem azotu a sumą innych gazowych produktów rozkładu, chociażby w przybliżeniu, ze względu na zawartość w nich różnych domieszek. Tego rodzaju badania można przeprowadzić równolegle z zastosowaniem innej metody, pozwalającej na oznaczenie sumy gazów np. manometryczną metodą Talianiego. Spotykają się bardzo często prochy o bardzo wysokiej wytrzymałości; interesującem byłoby dowiedzieć się, czy w takich wypadkach suma gazów jest w przybliżeniu taka sama, jak przy niskich wytrzymałościach czy też jest większą, a tylko kierunek rozkładu z tych czy innych powodów jest odmienny; mianowicie, produkty rozkładu mogą być uboższe w dwutlenek azotu, a bogatsze w inne jego tlenki oraz inne gazy nie oddziaływające na papierek metylfioletowy.

Jakość jak również i ilość dodanych stabilizatorów, wiążących kwasowe tlenki azotu, wywierają wpływ na otrzymane wyniki podczas próby cieplnej. Dało się stwierdzić, że prochy stabilizowane aniliną (taśmowe, barwy brunatnej) naogół dają liczby wytrzymałości niższe od stabilizowanych dwufenylaminą i centralitem, co nie koniecznie może dowodzić gorszej ich stałości w porównaniu z ostatniemi, a tylko słabszej zdolności aniliny do wiązania tlenku azotu w warunkach doświadczenia. W warunkach zaś normalnych, kiedy samoczynny rozkład nitrocelulozy w prochu jest znikomo mały, może ona całkowicie wiązać tlenki azotu. Pomimo bardzo skomplikowanych reakcyj, zachodzących w prochach podczas próby cieplnej, metoda papierków metylfioletowych przy 135° C, przy uwzględnieniu koncentracji dwutlenku azotu, stosowana u nas do masowych oznaczeń stałości, daje wyniki zupełnie dla praktycznych celów wystarczające, chociaż z natury rzeczy, jak i z trudności zachowania licznych warunków doświadczenia, nie może ona rościć pretensji do takiej dokładności, jaka byłaby pożądaną; w szczególności tyczy się to prochów o wyższej wytrzymałości, dla których różnice w równoległych oznaczeniach bywają dość znaczne.

Różne czynniki, wpływające na wyniki oznaczeń, jak również sam sposób prowadzenia tą metodą badań stałości prochów, znajdą możliwie wyczerpujące uwzględnienie w oddzielnej, będącej w przygotowaniu pracy.

Czuję się w miłym obowiązku wyrazić na tem miejscu podziękowanie za łaskawą pomoc w korekcie powyższej pracy p. inż. E. Bergerowi i p. inż. T. Brzozowskiemu oraz pani L. Konczewskiej za dokonanie powiększonych zdjęć fotograficznych ziarn prochowych.

355.69:623.452

Ppłk. inż. RAKOWSKI HENRYK.

TRANSPORT MATERJAŁÓW WYBUCHOWYCH I AMUNICJI.

(ciąg dalszy *).

O przewozach materjałów niebezpiecznych kolejami rozpisałem się dość obszernie, gdyż przewozy te są u nas, jak dotychczas, najszerzej stosowane. Sprawa tych przewozów od 1925 roku uregulowana jest w Polsce przez wydanie specjalnych przepisów, obowiązujących jednolicie wszystkie dzielnice i uzupełnianych okresowo w miarę potrzeby. Te lub owe punkty przepisów tych mogą wzbudzać pewne wątpliwości i zastrzeżenia, pożądane byłyby w nich może pewne poprawki i uzupełnienia, całość jednak należy uznać za udatną i wystarczającą narazie na nasze potrzeby. Gorzej przedstawia się sprawa przewozów materjałów niebezpiecznych innemi środkami lokomocji. Przepisy tych przewozów nie zostały jeszcze u nas zunifikowane; w każdej dzielnicy obowiązują przedwojenne przepisy b. zaborczych państw, niejednolite i częściowo przestarzałe. Przewozy morskie naprz. podlegają prawnie przepisom przedwojennym niemieckim, faktycznie jednak dostosowywane są w miarę możności raczej do przepisów angielskich, przewozy materjałów wybuchowych samochodami w b. Kongresówce nie podlegają narazie de facto żadnym przepisom, gdyż przepisów takich po Rosji nie odziedziczyliśmy, a własne nie zostały jeszcze opracowane itd. Tem więcej wydaje się więc rzeczą pożądaną obznajmienie się

*) Patrz Wiadomości Techn.-Art. Nr. 10.

z odnośnemi przepisami obcemi, które bądź co bądź dają orjentację co do środków ostrożności, niezbędnych do zachowania w każdym poszczególnym wypadku, i umożliwią nam w bliskiej, należy sądzić, przyszłości należyte opracowanie przepisów własnych, jednolitych dla całego kraju, dostosowanych do naszych potrzeb i możliwości. Przechodzę więc zkolei do przepisów przewozu materjałów wybuchowych i amunicji po drogach wodnych — statkami, barkami i łodziami.

Przepisy przewozu materjałów wybuchowych i amunicji po drogach wodnych.

W rozdziale tym najszerzej omawiam przepisy angielskie, krócej — przepisy niemieckie, kanadyjskie i rosyjskie.

Niemieckie przepisy przewozu materjałów niebezpiecznych statkami handlowemi, wydane przez Ministerstwo Komunikacji Rzeszy [27]), dzielą materjały te zupełnie tak samo, jak przepisy niemieckie kolejowe. Przepisy opakowania i znakowania ładunków również są tu identyczne z odnośnemi przepisami kolejowemi niemieckiemi i bardzo zbliżone do przepisów kolejowych polskich. Przechodzę przeto bezpośrednio do przepisów nadawania, załadowywania, dozoru i środków ostrożności przy przewozach.

Materjały wybuchowe i amunicja nadawane są do przewozu statkami handlowemi za specjalnemi listami przewozowemi, zaopatrzonemi w poprzeczną kresę czerwonego koloru szerokości co najmniej 1 cm. W listach tych — innych towarów, nadawanych jednocześnie do przewozu, wpisywać nie wolno. Oprócz ilości, rodzaju, znakowania i numerów pakunków z materjałami wybuchowemi lub amunicją w listach przewozowych musi być podany ciężar brutto każdego pakunku. Poza tem nadawca winien złożyć oświadczenie, że nadawane materjały wybuchowe, czy też amunicja co do własności swych i opakowania odpowiadają wymaganiom przepisów przewozu na statkach. Oświadczenie to musi być potwierdzone przez przysięgłego rzeczoznawcę lub uznanego przez Zarząd Kolejowy chemika, który winien wyraźnie stwierdzić, że nadane materjały zbadane były w myśl przepisów Ministerstwa Komunikacji

---

[27]) p. Seefrachtordnung. Anlagen 1 und 2 zur Verordnung betreffend die Beförderung gefährlicher Gegenstände mit Kauffahrteischiffen. Gültig vom 1 September 1929. Reichsverlagsamt, Berlin NW 40.

i że odpowiadają one wymaganiom załącznika C do przepisów kolejowych.

Przy materjałach wybuchowych i amunicji z zapasów wojskowych powyższe oświadczenie może być pominięte.

Przy nadawaniu materjałów wybuchowych amonowych i materjałów wybuchowych o składzie zbliżonym do prochu czarnego — grupy 1-ej, materjałów wybuchowych grupy 2-ej jak również spłonek, lontów detonujących i t. p. nadawca winien wskazać, czy materjały te zostały dopuszczone przez Ministerstwo Komunikacji do przewozu kolejami niemieckiemi i kiedy mianowicie, a przy spłonkach i lontach ponadto, czy wzorki ich wraz z opakowaniem przesłane były do Chemiczno-technicznego Zakładu Państwowego (Reichsanstalt'u) i czy uznane zostały przez Zakład ten za dobre.

Materjały, zagrażające eksplozją, zasadniczo należy przewozić statkami towarowemi. Statkami pasażerskiemi wolno je przewozić tylko wyjątkowo z zachowaniem warunków, o których będzie mowa niżej.

(Za pasażerskie uważa się statki miejscowej komunikacji, mające na pokładzie więcej niż 12 pasażerów, i statki dalekobieżne o ilości pasażerów powyżej 24. Osób, znajdujących się na statku wskutek wypadków siły wyższej, nie zalicza się do pasażerów).

Materjały wybuchowe i amunicję załadowuje się pod pokładem w zamkniętych pomieszczeniach, oddzielonych nieprzepuszczającemi wodę ścianami od maszyn, silników spalinowych, kotłowni i składów węgla. Pomieszczenia te przez sąsiedztwo z kotłownią lub t. p. nie powinny być ogrzewane powyżej 45° C przez dłuższe okresy czasu i nie mogą przechodzić przez nie czynne przewody parowe. Dostęp do pomieszczeń z materjałami wybuchowemi powinien być łatwy, aby w razie niebezpieczeństwa można je było szybko usunąć ze statku.

Przynależne władze mogą również zezwolić na przewóz materjałów wybuchowych i amunicji w specjalnych, wypróbowanej konstrukcji nadbudówkach, urządzonych na pokładzie, mocno złączonych z korpusem statku i zaopatrzonych w odpowiednie pokrycie. Przy nadbudówkach tych musi być przewidziana ochrona przeciwpożarowa, należyta wentylacja i zabezpieczenie pomieszczeń od nadmiernego ogrzewania (ścian zewnętrznych — przez promienie słoneczne, a ścian wewnętrznych — przez sąsiednie kotłownie, przewody i motory) jak również od przenikania w nie iskier, tlejących przedmiotów, resztek z cygar i t. p.

Materjałów wybuchowych i amunicji nie wolno jest składać w jednem pomieszczeniu razem z zapałkami, ogniami sztucznemi, płynnem powietrzem, gazami i cieczami palnemi, materjałami łatwozapalnemi na powietrzu lub w styczności z wodą, kwasami i innemi artykułami niebezpiecznemi. Ponadto urządzenia pobudzające o znacznej sile wybuchowej (spłonki i zapalniki detonujące) nie należy umieszczać razem z materjałami wybuchowemi luźnemi lub w ładunkach, z nabojami działowemi lub nabitemi pociskami działowemi i okopowemi, z granatami ręcznemi i karabinowemi, z amunicją świetlną i sygnałową, petardami alarmowemi i t. p.

Z produktami i wyrobami bezpiecznemi materjały wybuchowe i amunicję wolno jest przewozić razem w jednem pomieszczeniu, należy jednak wtedy układać je w osobne stosy z bezpośrednim wolnym dostępem do nich.

Na żaglówkach, motorówkach i małych parowcach, nieposiadających stałych zamykanych pomieszczeń, dozwolony jest przewóz spłonek i zapalników detonujących łącznie z amunicją i materjałami wybuchowemi, o ile spłonki umieszczone są w mocnej, szczelnej ubikacji bezpośrednio pod otworem w górnym pokładzie, a materjały wybuchowe i amunicja — w poziomej odległości co najmniej 15 metrów od najbliższej ściany tej ubikacji.

Przewóz materjałów wybuchowych i amunicji na jednym statku z gazami i ciałami stałemi łatwozapalnemi jak również z cieczami o punkcie zapłonienia poniżej 21° C. dopuszczalny jest tylko wtedy, gdy materjały łatwozapalne umieszczone są daleko od materjałów wybuchowych i amunicji (na parowcach — po drugiej stronie działu maszynowego i kotłowni) lub złożone bezpośrednio na pokładzie tak, że w razie zapalenia się ich — ładunkowi materjałów wybuchowych lub amunicji bezpośrednie niebezpieczeństwo nie zagraża.

Nitrozwiązków, rozpuszczalnych w wodzie, nie wolno ładować w jednem pomieszczeniu łącznie z ołowiem lub w pomieszczeniu wyłożonem ołowiem.

Przy załadowywaniu prochów czarnych i mieszanin o składzie zbliżonym do prochu czarnego jak również prochów bezdymnych więcej wrażliwych (grupy 2-ej) należy tak skrzynki z temi materjałami jak i same materjały rozsypane chronić od wszelkiego zetknięcia z żelazem. Nie należy więc używać przytem żadnych narzędzi lub przyrządów żelaznych (podnośników z uchwytami żelaznemi i t. p.), obsługa winna być w obuwiu niepodkutem, a że-

lazny pokład — pokryty żaglami. Rozsypany proch należy natychmiast obficie zwilżyć wodą i starannie zmieść.

Materjały wybuchowe i amunicja w swojem pomieszczeniu winny być złożone w stosy tak, aby odległość między niemi a ścianami, oddzielającemi je od innych materjałów niebezpiecznych, w tej liczbie i od zapasów węgla, wynosiła co najmniej 3 metry. Stosy należy układać i umocowywać w sposób zabezpieczający od tarcia, silnych wstrząsów, uderzeń i od spadania skrzynek z górnych warstw.

Do pomieszczeń, w których złożone są materjały wybuchowe, amunicja, ognie sztuczne lub jakiekolwiek łatwozapalne ładunki, wolno wchodzić tylko z latarniami elektrycznemi albo ze świecami lub lampami, napełnionemi olejem roślinnym, umieszczonemi w dobrze zabezpieczonych latarniach.

Podczas załadunku i wyładunku materjałów niebezpiecznych nie wolno jest palić wpobliżu otworów załadowczych i dróg, po których materjały te są przenoszone.

Jeżeli podczas załadunku lub wyładunku materjałów wybuchowych, amunicji lub większych ilości materjałów łatwozapalnych kotłownia statku jest czynna, to należy zastosować odpowiednie środki zapobiegawcze od iskier, a kominy kotłów pomocniczych, pieców i t. p., o ile wyprowadzone one są oddzielnie od komina głównego, w obrębie 30 metrów od otworów załadowczych i dróg, po których przenoszone są materjały niebezpieczne — należy zaopatrzyć w łapacze iskier.

Przy załadunku lub wyładunku w nocy należy stosować wysoko zawieszone nocne latarnie. Latarnie te nie mogą być opalane naftą lub t. p. łatwozapalnym produktem.

Materjałów wybuchowych w opakowaniu uszkodzonem, w sposób zagrażający niebezpieczeństwem, nie należy załadowywać na statek. W wypadkach wątpliwych należy poddać sprawę orzeczeniu rzeczoznawcy.

Niebezpieczeństwo, wywołane przez uszkodzenie ładunku, a spostrzeżone dopiero w drodze, powinien kapitan statku usunąć niezwłocznie przez zastosowanie odpowiednich środków zapobiegawczych.

W razie zatrzymania się w Niemczech statku handlowego, przewożącego materjały wybuchowe, podpadające pod prawo Rzeszy z dnia 9 czerwca 1884 roku (o zbrodniczem i zagrażającem ogółowi użyciu materjałów wybuchowych), kapitan statku winien wy-

kazać się odpowiedniem zezwoleniem na posiadanie tych materjałów.

Na niemieckich drogach morskich i wodach wewnętrznych statki handlowe, przewożące materjały wybuchowe lub amunicję (z wyjątkiem zapałów słabych, lontów i amunicji małokalibrowej) w ilościach powyżej 35 kg brutto, winny posiadać jako specjalne oznaki: w nocy zielone światło na przednim maszcie, a w dzień dobrze widoczną, stale rozpostartą czarną flagę z białą literą „P".

Na statkach pasażerskich wolno jest przewozić materjały wybuchowe i amunicję, przeznaczone dla oddziałów wojska niemieckiego, znajdujących się za granicami kraju, poza tem nitrocelulozę grupy 1-ej, materjały wybuchowe miotające grupy 1-ej w ilościach do 500 kg, a z amunicji: zapały słabe, lonty prochowe i detonujące i amunicję małokalibrową. Materjały wybuchowe muszą być złożone w specjalnych pomieszczeniach z bezpośrednim dostępem do nich i zaopatrzonych w urządzenia, umożliwiające w razie wypadku obfite zalanie ładunku wodą. W takichże pomieszczeniach winny być złożone zapały słabe i lonty, o ile ładunek ich przewyższa 200 kg. Poza tem przy załadunku i przewozie materjałów wybuchowych i amunicji statkami pasażerskiemi obowiązują przepisy ostrożności, podane wyżej dla statków towarowych.

Wolno na statkach pasażerskich w ilościach do 15 kg przewozić również próbki materjałów wybuchowych, dopuszczonych do przewozu statkami towarowemi, i próbki materjałów wybuchowych nowych, nie więcej niebezpiecznych niż żelatyna wybuchowa lub dynamit okrzemkowy. Próbki te muszą być pod zamknięciem w miejscu chłodnem, zabezpieczonem od pożaru.

Niemieckie przepisy przewozu materjałów wybuchowych i amunicji statkami handlowemi, jak widać z powyższego streszczenia ich, oparte są na tych samych podstawach, co i odnośne niemieckie przepisy kolejowe. Jedne i drugie z nieładu i treści są bardzo podobne do siebie, a pewne różnice w szczegółach powstały z dostosowania ich do nieco odmiennych warunków każdego z tych środków lokomocji.

Przewozy materjałów wybuchowych po drogach wodnych wewnętrznych podlegają w Niemczech przepisom policyjnym z dnia 14 września 1905 roku. Ogólne przepisy policyjne, omawiające warunki przewozu materjałów wybuchowych furmankami, samochodami i po drogach wodnych, z uwzględnieniem późniejszych ich uzupełnień podaję w następnym rozdziale artykułu. Tu przytaczam

tylko punkty, dotyczące specjalnie przewozów po drogach wodnych, a mianowicie:

Przewóz materjałów wybuchowych łącznie z pasażerami jest wzbroniony. Prom, przewożący furmankę lub samochód z materjałami wybuchowemi, nie może zabierać jednocześnie innych pojazdów lub pasażerów. Załadunek i wyładunek materjałów wybuchowych wolno uskuteczniać tylko w miejscach wyznaczonych przez władze policyjne, w odległości co najmniej 300 metrów od zamieszkałych budynków.

Na parowcach należy umieszczać materjały wybuchowe pod pokładem, jak najdalej od kotłowni. W łodziach otwartych należy je szczelnie przykrywać brezentem. Spłonek i lontów nie wolno umieszczać w jednem pomieszczeniu z materjałami wybuchowemi lub pomieszczeniach, bezpośrednio sąsiadujących.

Na statkach przewożących produkty łatwozapalne (koks i węgiel kamienny do nich się nie zalicza) wogóle nie wolno przewozić jednocześnie materjałów wybuchowych.

Przed przechodzeniem statku przez śluzę lub otwierany most, przewożący materjały wybuchowe winien powiadomić o tem wartownika śluzy czy mostu i zastosować się do jego wskazań. Wartownik musi dołożyć starań, aby przejazd odbył się bez żadnych przeszkód i możliwie bezpiecznie.

Statek z materjałami wybuchowemi powinien przybijać do brzegu tylko w takich miejscach, które podczas postoju jego niedostępne są dla publiczności.

O zamierzonym przewozie materjałów wybuchowych statkiem lub łodzią należy zawiadomić zawczasu miejscowe władze policyjne.

Tyle mówią przepisy niemieckie, przejdźmy teraz do przepisów angielskich.

Angielskie przepisy przewozu statkami materjałów niebezpiecznych opracowane i wydane są przez Komisję Handlową [28]) w rozwinięciu odnośnych dekretów państwowych, omawiającą kwestję transportów, a więc: ustawy o materjałach wybuchowych (Explosives Act) z 1875 roku, uzupełnienia tej ustawy (Explosives Substances Act) z 1883 roku, ustawy o marynarce handlowej (Merchant Shipping Act) z 1894 roku i rozporządzeń Sekretarjatu Stanu (№ 7 z dnia 10 czerwca 1904 roku, № 7A z 18 marca 1911 r. i № 7B z 7 listopada 1922 r).

[28]) p. Memorandum relating to the Carriage of Dangerous Goods and Explosives in Ships. Issued by the Board of Trade. London. 1926. Reprinted 1929.

Przepisy Komisji Handlowej składają się z dwóch części i jednego załącznika. Część I podaje wyciągi z wyżej wskazanych ustaw i rozporządzeń Sekretarjatu Stanu, dotyczące materjałów wybuchowych i produktów naftowych, jak również ogólne przepisy przewozu materjałów wybuchowych statkami, część II — warunki przewozu innych materjałów niebezpiecznych (uszeregowanych w alfabetycznym porządku). W załączniku podane są wzory lokalnych przepisów portowych, regulujących sprawy postoju, załadunku i wyładunku statków, przewożących materjały wybuchowe, produkty naftowe lub węglik wapnia.

Ustawa o materjałach wybuchowych z 1875 r. w art. 3 podaje, iż pod mianem „materjały wybuchowe" rozumie się prochy, dynamity, nitrocelulozę, materjały kruszące, piorunian rtęci, ognie sztuczne i wszelkie inne produkty, stosowane w praktyce lub wytwarzane w celu wyzyskania efektu eksplozji lub efektu świetlnego, jak również spłonki, ładunki i amunicję wszelkiego rodzaju, zawierającą jeden z powyższych materjałów wybuchowych. Poza tem artykuł 104 ustawy upoważnia króla, na wnioski specjalnej rady i za jej pośrednictwem, zaliczać wszelkie produkty, niebezpieczne ze względu na ich właściwości wybuchowe, do kategorji materjałów wybuchowych i podciągać w ten sposób pod ustawę 1875 r., a artykuł 106 do okresowego ogłaszania w miarę potrzeby definicji, składu chemicznego, własności i klasyfikacji materjałów wybuchowych.

Wydana dnia 5 sierpnia 1875 r. na podstawie tego upoważnienia klasyfikacja materjałów wybuchowych dzieli je w następujący sposób:

Klasa I — prochy strzelnicze dymne.

Klasa II — niepodpadające pod miano prochów strzelniczych materjały wybuchowe, składające się z mechanicznej mieszaniny saletry i węgla w jakiejkolwiek bądź postaci lub saletry i jakiejkolwiek niewybuchowej substancji organicznej, z dodaniem siarki lub bez siarki.

Klasa III — związki chemiczne wybuchowe i związki tworzące z metalami sole wybuchowe, otrzymywane przez działanie kwasu azotowego (samego lub łącznie z kwasem siarkowym) na substancje organiczne; związki te mogą być w stanie czystym lub zmiesza-

---

[29]) p. Guide to Explosives Act 1875 by I. H. Thomson. London 1917.

ne z innemi substancjami. Materjały tej klasy dzielą się na 2 grupy:

do grupy I-ej zalicza się nitroglicerynę, dynamity i wszelkie inne związki chemiczne lub mieszaniny mechaniczne, składające się w całości lub częściowo z jakiegokolwiek bądź ciekłego nitrozwiązku[30]);

grupa II-ga obejmuje nitrocelulozę, nitromannit, proch Schultza, pikryniany i wszelkie inne nitrozwiązki klasy III-ej, nieobjęte grupą I-szą.

Klasa IV — materjały wybuchowe chloranowe. Dzielą się one na 2 grupy: do grupy I-ej należą materjały, zawierające nitroglicerynę lub jakikolwiek inny ciekły nitrozwiązek, do grupy II-ej — pozostałe materjały wybuchowe chloranowe.

Klasa V — materjały wybuchowe inicjujące. Do klasy tej zalicza się związki chemiczne lub mieszaniny mechaniczne, stosowane do wyrobu spłonek i t. p., łatwo podatne do detonacji i z tego tytułu specjalnie niebezpièczne. Materjały te dzielą się na 2 grupy: grupa I-sza obejmuje piorunian rtęci i srebra oraz preparaty ich, używane do wyrobu spłonek, jak również wszelkie mieszaniny chloranów z fosforem i chloranów z siarką: do grupy II-ej zalicza się chlorek i jodek azotu, piorunian złota, diazobenzol i azotek diazobenzolu.

Klasa VI — amunicja i jej składowe części. Materjały klasy tej dzielą się na 3 grupy:

do grupy I-ej należą: amunicja małokalibrowa (normalna), kapiszony, sygnały na wypadek mgły i lonty prochowe;

do grupy II-ej — naboje małokalibrowe specjalne, naboje działowe, pociski, miny, ładunki wybuchowe i rakiety bojowe — wszystko to bez zapłonników i zapalników;

do grupy III-ej — artykuły grupy II-ej z zapłonnikami lub zapalnikami, spłonki detonujące i t. p.

Klasa VII — ognie sztuczne (fajerwerki).

Do grupy I-ej tej klasy zalicza się wybuchowe

---

30) Klasyfikacja ta nie odróżnia nitrozwiązków od estrów kwasu azotowego. Do klasy III gr. 1 w następstwie weszły kordyty i inne prochy nitroglicerynowe.

lub palne składniki lub mieszanki, stosowane do wyrobu ogni sztucznych, niezaliczone do żadnej z poprzednich klas materjałów wybuchowych; do grupy II-ej zalicza się gotowe wyroby w rodzaju szmermeli, pukawek, węży, rakiet (innych niż bojowe), chińskich ogni, rzymskich świec i t. p. używanych do celów sygnałowych lub dla wywołania efektów świetlnych. Wyroby te w myśl dekretu z dn. 12 grudnia 1891 r. winny być w hermetycznych metalowych puszkach i zawierać w ilościach najwyżej do 1 funta kompozycje, niepodatne do samoczynnego zapalenia się.

Powyższa klasyfikacja z 1875 r., pomimo swego sędziwego wieku, obowiązuje w Anglji zasadniczo i dziś. Wobec tego jednak, że niektóre definicje jej niedostosowane są do obecnego poziomu chemji, a pewna ilość materjałów wybuchowych, podanych w klasyfikacji dla przykładu[31]) wyszła z użycia i została zastąpiona przez materjały inne — opracowywane są przez Królewskich Inspektorów Materjałów Wybuchowych w miarę potrzeby okresowo, oparte na powyższej klasyfikacji, wykazy materjałów wybuchowych, dopuszczonych w danym okresie do wyrobu, przewozów i użycia w Anglji. Wykazy te, t. zw. „Lists of Authorized Explosives", ze względów handlowych nie są ogłaszane, a na zapotrzebowanie wydaje się tylko spis nazw materjałów wybuchowych, dopuszczonych do obrotu, bez podania dokładnej definicji i składu chemicznego tych materjałów.

Sprawę opakowania materjałów wybuchowych, dopuszczonych do obrotu, regulują rozporządzenia Sekretarjatu Stanu № 7 z dnia 10.VI.1904 r., № 7 A z dn. 18.III.1911 r. i № 7 B z dn. 7.XI..1922 r., wydane w powołaniu się na artykuły 33, 39 i 40 ustawy z 1875 roku.

Rozporządzenia te nakazują dla pewnych materjałów opakowanie podwójne: zewnętrzne i wewnętrzne. Jako opakowanie zewnętrzne rozumie się skrzynki, beczki lub pudełka drewniane, metalowe lub z innego mocnego materjału, takiej wytrzymałości i konstrukcji, aby nie otwierały się one przypadkowo, nie łamały podczas transportu i zabezpieczały materjał od rozsypywania się. Jako opakowanie wewnętrzne rozumie się szczelne, mocne worki, jak

[31]) Nazwy takie w klasyfikacji, jako zupełnie nieaktualne obecnie, pominąłem

również solidne pudełka, puszki lub inne naczynia, zamykane w sposób, zabezpieczający materjał wybuchowy od rozsypywania się.

Opakowanie materjałów wybuchowych, według wyżej wskazanych rozporządzeń Sekretarjatu Stanu, nie powinno zawierać żadnych żelaznych lub stalowych części, nieprzykrytych w skuteczny sposób odpowiednim materjałem ochronnym.

Naczyń, użytych raz do opakowania pewnego materjału wybuchowego, nie należy używać do pakowania żadnych innych materjałów wybuchowych lub jakichkolwiek bądź innych artykułów. Wolno jest natomiast prochy bezdymne w opakowaniu wewnętrznem umieszczać w jednem opakowaniu zewnętrznem łącznie z prochami czarnemi lub innemi materjałami wybuchowemi miotającemi. Wolno również materjały niepalne i niewybuchowe pakować łącznie z materjałami grupy 1-ej klasy VI.

Poniżej (p. str. 1447) podaję w oryginalnym układzie nakazane przez Sekretarjat Stanu sposoby opakowania materjałów wybuchowych poszczególnych klas i grup i maksymalne ilości, dopuszczalne dla pojedyńczych pakunków.

Stosowanie dodatkowego opakowania, bądź wewnętrznego bądź zewnętrznego, nienakazanego dla danego materjału powyższemi przepisami, jest dopuszczalne, o ile charakter tego dodatkowego opakowania nie stoi w sprzeczności z wydanemi zarządzeniami Rządowej Inspekcji.

Materjał wybuchowy, niefigurujący na liście materjałów, dopuszczonych do obrotu, powinien być opakowany w sposób, zalecony przez Rządowego Inspektora.

Na zewnętrznem opakowaniu powinien być wypalony lub na dobrze przymocowanej etykiecie wypisany wyraźny napis „Materjał wybuchowy", następnie nazwa materjału wybuchowego, klasa i grupa, do której materjał należy, wreszcie nazwa wytwórni lub nazwisko nadawcy. Przy materjałach wybuchowych klasy III i IV musi być poza tem data wyprodukowania materjału lub wypuszczenia go z wytwórni.

Jeżeli w jednem opakowaniu zewnętrznem są dwa lub więcej materjałów wybuchowych, to napis na opakowaniu winien to wykazywać.

Ustawa o marynarce handlowej z 1894 r. zabrania przewożenia materjałów niebezpiecznych na statkach emigracyjnych[32]). Za

[32]) Statkiem emigracyjnym (Emigrant ship) w myśl artykułu 268 ustawy o marynarce handlowej nazywa się statek wiozący na pokładzie ponad 50 pasażerów z Anglji do jakiegokolwiek bądź portu pozaeuropejskiego.

nieprzestrzeganie tego przepisu właściciel, dzierżawca lub kapitan statku podlega karze do 300 funtów szterlingów. Jedynie na pisemny rozkaz Sekretarjatu Stanu zapasy wojenne wojska lądowego lub marynarki mogą i muszą być przewożone na tych statkach, przyczem za niedostosowanie się do odnośnych zaleceń Sekretarjatu Stanu kapitanowi statku grozi kara również do 300 funtów szterl.

Osoby, nadające do przewozu statkiem pasażerskim angielskim lub obcym, lub przewożące na statku pasażerskim materjały niebezpieczne w opakowaniu, nienależycie oznakowanem[33]), i bez

Klasy i grupy materjałów wybuchowych	Sposoby opakowania	Dopuszczalne ilości materjałów wybuchowych w jednym pakunku	
		zewnętrznym	wewnętrznym
Materjały wybuchowe klasy I	Jeżeli ilość materjału wybuchowego nie przewyższa 5 funtów[34])—opakowanie pojedyncze (zewnętrzne); przy ilościach większych — opakowanie podwójne.	100 funt. Jeżeli razem z prochem czarnym opakowany jest proch bezdymny to: 50 funt.	100 funt. 25 funt.
Klasy II	Jak przy mat. wybuchowych klasy I.	50 f.	
Klasy III grupy 1 z wyjątkiem prochów bezdymnych	Jak przy materjałach klasy I z tem, że albo wewnętrzne albo zewnętrzne opakowanie winno być nieprzemakalne. Opakowanie zewnętrzne może być na wkrętkach mosiężnych, gwoździach ocynkowanych lub t. p., a opakowanie wewnętrzne szyte drutem z tem, że drut ten przez wyłożenie tekturą lub t. p. musi być zabezpieczony od zetknięcia się z materjałem wybuchowym. Poza tem w opakowaniu nie powinno być żadnych metalowych części.	50 f.	5 f.
Kordyty i inne prochy, stosowane przez wojsko	Jak przy materjałach klasy I. Wewnętrzne opakowanie może być zmienione za zezwoleniem Rządowego Inspektora.	120 f.	120 f.
Inne prochy grupy 1-ej	Jak przy materjałach klasy I.	50 f.	

[33]) W myśl artykułu 446 ustawy o marynarce handlowej na opakowaniu materjału niebezpiecznego powinna być podana pełna jego nazwa w języku angielskim. Podanie początkowych liter lub skrótu nazwy jest niewystarczające.

[34]) 1 funt ang. = 453,6 g.

Klasy i grupy materjałów wybuchowych	Sposoby opakowania	Dopuszczalne ilości materjałów wybuchowych w jednym pakunku	
		zewnętrznym	wewnętrznym
Klasy III grupy 2 z wyjątkiem kwasu pikrynowego i mokrej nitrocelulozy	Jak przy materjałach klasy I.	50 f.	50 f.
Kwas pikrynowy[35])	Jak przy materjałach klasy I.	Nieograniczone	Nieograniczone
Nitroceluloza, zwilżona wodą tak, że jest zupełnie niepalna	Jak przy materjałach klasy I z tem, że wewnętrzne lub zewnętrzne opakowanie, lub jedno i drugie—winny być takiego rodzaju i tak zamknięte, aby zabezpieczały materjał podczas transportu od straty wilgoci.	Nieograniczone	Nieograniczone
Klasy IV grupy 1	Jak przy materjałach klasy III grupy 1-ej z wyjątkiem prochów bezdymnych.	50 f.	5 f.
Klasy IV grupy 2	Jak przy materjałach klasy I.	50 f.	50 f.
Klasy V	Materjały tej klasy przewozi się w stanie wilgotnym w potrójnem opakowaniu. Materjał umieszcza się w worku, przepuszczającym wodę, i worek wkłada się do naczynia wewnętrznego, zawierającego dostateczną ilość wody, aby utrzymać materjał wybuchowy stale w stanie wilgotnym. Naczynie to wstawia się do naczynia zewnętrznego, a przestrzeń między niemi wypełnia się również odpowiednią ilością wody. Tak wewnętrzne jak i zewnętrzne opakowania powinny być takiej konstrukcji, aby woda nie mogła z nich wyciekać lub parować.	200 f.	25 f.

[35]) Kwas pikrynowy z zawartością wody co najmniej $33^1/_3$% (50% od ciężaru suchego produktu) nie liczy się za materjał wybuchowy i w opakowaniu, zabezpieczającem od wysychania i wysypywania się, może być przewożony w ilościach do 20 tonn w każdem pomieszczeniu wszystkich statków, oprócz statków emigracyjnych z tem, że każda skrzynia z takim kwasem pikrynowym zaopatrzona być mysi w napis: „Kwas pikrynowy z zawartością wody . . . %. — Przechowywać w specjalnych warunkach, w chłodnem pomieszczeniu, zdala od kwasów, farb i t. p. i nie w styczności z ołowiem".

Klasy i grupy materjałów wybuchowych	Sposoby opakowania	Dopuszczalne ilości materjałów wybuchowych w jednym pakunku	
		zewnętrznym	wewnętrznym
	Jeżeli materjał wybuchowy tej klasy z natury swej nie może być przewożony w stanie całkowitej wilgotności, to opakowanie jego winno odpowiadać warunkom, ustalonym specjalnie dla danego materjału przez Rządowego Inspektora.		
Klasy VI grupy 1 z wyjątkiem nabojów pistoletowych bocznego ognia	Opakowanie pojedyńcze zewnętrzne. Przy materjałach tej grupy traci swą ważność zastrzeżenie co do niestosowania w opakowaniu materjałów wybuchowych części stalowych lub żelaznych. Naboje tej grupy kalibrów powyżej 0,5 cala winny być opakowane w ten sposób, aby głowice pocisków nie mogły stykać się z kapiszonami nabojów sąsiednich.	Nieograniczone	—
Naboje pistoletowe bocznego ognia	(a) W ilościach do 50 sztuk za jednym listem przewozowym mogą być w pojedyńczem opakowaniu, ułożone naprzemian w przeciwnych kierunkach. Podstawy i bolce nabojów winny mieścić się w otworach, zrobionych w tekturze lub innym odpowiednim materjale tak, aby w razie eksplozji jednego naboju pozostałe naboje nie eksplodowały.	50 sztuk	—
	(b) Przy ilościach ponad 50 sztuk — opakowanie podwójne. W wewnętrznem opakowaniu naboje winny być ułożone w otworach tekturki, jak podano w pkt. (a).	2500 sztuk	50 sztuk
Klasy VI grupy 2	Materjały wybuchowe w nabojach i ładunkach, pociskach, torpedach, minach i t. p. zasadniczo winny być opakowane według wzorów, podanych wyżej dla materjałów wybuchowych odnośnych grup. Jeżeli jednak dany materjał wybuchowy wymaga opakowania podwójnego, to osłona ładunku wybuchowego (worek, łuska lub skorupa	—	—

Klasy i grupy materjałów wybuchowych	Sposoby opakowania	Dopuszczalne ilości materjałów wybuchowych w jednym pakunku	
		zewnętrznym	wewnętrznym
	pocisku), o ile ona odpowiada odnośnym wymaganiom, może być uważana za opakowanie wewnętrzne.		
	Przy innej amunicji tej grupy—opakowanie pojedyncze zewnętrzne.	100 f.	—
Klasy VI grupy 3 z wyjątkiem spłonek detonujących i zapalników elektrycznych	Jak przy materjałach klasy I. Naboje tej grupy kalibrów powyżej 0,5 cala winny być opakowane w ten sposób, aby głowice pocisków nie mogły stykać się z zapłonnikami innych sąsiednich nabojów.	50 f.	2 f. lub 10 sztuk zależnie od tego, co wynosi więcej w danym wypadku
Spłonki detonujące	(a) Przy przesyłaniu do 1000 sztuk—opakowanie jak przy materjałach klasy I z tem, że wolna przestrzeń w spłonkach, między spłonkami i w wewnętrznej paczce winna być wypełniana, o ile możliwe całkowicie, drobnemi opiłkami drzewnemi lub t. p. materjałem. Dno i pokrywa paczki wewnętrznej muszą być wyłożone pilśnią lub innym miękkim sprężystym materjałem tak, aby końce spłonek z obu stron miały miękkie oparcie. Jeżeli wewnętrzne opakowanie jest metalowe, to winno ono być całkowicie wyłożone papierem lub innym miękkim materjałem.	1000 sztuk	100 sztuk
	(b) Przy ilościach ponad 1000 sztuk spłonki winny być opakowane w paczki po 100 sztuk, jak podano w pkt. (a), paczki—umieszczone w mocną drewnianą lub metalową dobrze zamkniętą skrzynkę, a ta ostatnia ustawiona w drugiej, zewnętrznej skrzynce w ten sposób, aby pomiędzy ściankami skrzynki wewnętrznej a zewnętrznej ze wszystkich stron była wolna przestrzeń szerokości co najmniej 3 cale. W pozycji tej skrzynka wewnętrzna powinna być umocowana przy pomocy listew drewnianych, lub też przestrzeń między skrzynką wewnętrzną a zewnętrzną—wypełniona opiłkami drzewnemi, słomą lub innym t. p. materjałem.	10.000 sztuk	100 sztuk

Klasy i grupy materjałów wybuchowych	Sposoby opakowania	Dopuszczalne ilości materjałów wybuchowych w jednym pakunku	
		zewnętrznym	wewnętrznym
	(c) Jeżeli ilość spłonek przewyższa 5.000 sztuk, to opakowanie zewnętrzne ich winno być zaopatrzone w uchwyty, umożliwiające bezpieczne i wygodne przenoszenie pakunku.		
Zapalniki (spłonki) elektryczne	Jak przy materjałach klasy I z tem, że, o ile ilość spłonek w danem opakowaniu zewnętrznem przewyższa 3000 sztuk, to opakowanie winno mieć uchwyty dla bezpiecznego i dogodnego przenoszenia pakunku.	5.000 sztuk	100 sztuk
Klasy VII grupy 1	Opakowanie podwójne; wewnętrzne opakowanie winno być hermetyczne.	20 f.	1 f.
Klasy VII grupy 2	Opakowanie pojedyncze zewnętrzne. Może ono zawierać części żelazne.	100 f.	—

uprzedniego pisemnego powiadomienia kapitana lub właściciela statku o właściwej nazwie przewożonego lub nadawanego do przewozu materjału — podlegają karze do 100 funtów szterl. lub o ile udowodnią, że byli narzędziem w obcych rękach i działali bez najmniejszej świadomości niebezpieczeństwa, karze do 10 funtów szterl.

Do materjałów niebezpiecznych ustawa o marynarce handlowej zalicza kwasy azotowy i siarkowy, benzynę, naftę, zapałki fosforowe, materjały wybuchowe i amunicję, podpadające pod ustawę o materjałach wybuchowych z r. 1875 i wszelkie produkty łatwozapalne, źrące, trujące i t. p.

Jak wspomniano wyżej, w części II przepisów Komisji Handlowej podany jest alfabetyczny spis całego szeregu produktów, przewożonych warunkowo jako niebezpiecznych z tego czy innego względu, oraz przytoczone są warunki, na jakich materjały te wolno jest przewozić.

Kapitan lub właściciel każdego statku angielskiego czy obcego może odmówić przyjęcia do przewozu pakunku, w którym podejrzewa ładunek niebezpieczny, lub może zażądać otwarcia pakunku w celu sprawdzenia jego zawartości.

Jeżeli materjał niebezpieczny lub taki, który wydaje się kapitanowi statku niebezpiecznym, nie jest należycie oznakowany i nie był odpowiednio opisany przy nadawaniu do przewozu, to w myśl artykułu 448 ustawy o marynarce handlowej kapitan ma prawo wyrzucić go wraz z opakowaniem ze statku do morza i nie ponosi za to żadnej odpowiedzialności ani cywilnej ani karnej.

Przy przewozie materjałów wybuchowych statkami nieemigracyjnemi obowiązują następujące przepisy Komisji Handlowej:

Opakowanie materjałów wybuchowych musi odpowiadać wyżej przytoczonym rozporządzeniom Nr. Nr. 7, 7A i 7B Sekretarjatu Stanu.

Z wyjątkiem amunicji małokalibrowej bezpiecznej, kapiszonów, lontów prochowych i sygnałów na wypadek mgły — bez specjalnego zezwolenia Komisji Handlowej nie wolno jest przewozić żadnych materjałów wybuchowych i żadnej amunicji w jednem pomieszczeniu z węglem lub w pomieszczeniu nad składem węgla. Materjałów tych nie należy również umieszczać razem z bagażem pasażerów.

Statki o drewnianych masztach, przewożące choćby nieznaczną ilość materjałów wybuchowych, winny być zaopatrzone w piorunochron na głównym maszcie, a w razie potrzeby i w dodatkowe piorunochrony. Jeżeli statek jest żelazny lub stalowy i posiada takież maszty z takielunkiem, łączącym elektrycznie szczyt masztu bezpośrednio z korpusem statku, to zakładanie specjalnych piorunochronów nie jest wymagane.

W pomieszczeniu, zawierającem materjały wybuchowe należy wyłączyć przewodniki światła elektrycznego.

Przewozić na jakimkolwiek bądź statku wolno tylko takie materjały wybuchowe, które dopuszczone są do obrotu w myśl ustawy o materjałach wybuchowych 1875 roku lub zaaprobowane do użytku przez Ministerstwo Marynarki, Ministerstwo Wojny lub Ministerstwo Żeglugi Powietrznej.

W jednem pomieszczeniu (magazynie) statku dopuszczalne jest łączne przechowywanie materjałów wybuchowych klasy I do IV włącznie, klasy VI grup 1-ej i 2-ej i następujących artykułów klasy III grupy 3-ej: wszelkich zapalników i pocisków z wkrętkami detonującemi lub bez nich, nabitych wkrętek detonujących, pocisków smugowych, zapłonników uderzeniowych i tarciowych, pocisków z zapalnikami z wyjątkiem pocisków dymnych, zapalających i chemicznych, amunicji szybkostrzelnej, bomb i granatów ręcznych (z wyjątkiem dymnych, zapalających i chemicznych), umieszczonych

w skrzyniach łącznie z ich zapalnikami, które nie są jednak wkręcone w bomby i granaty.

Spłonki detonujące, zapalniki elektryczne i lonty z zaprawionemi na nich spłonkami detonującemi — muszą być przechowywane w osobnym magazynie, znajdującym się w odległości co najmniej 4 stopy (1,22 m) od bocznych ścian statku. W magazynie tym z materjałów wybuchowych i amunicji wolno umieszczać tylko materjały klasy VI grupy 1-ej.

Również w osobnem stałem pomieszczeniu, najwyżej w razie potrzeby z materjałami klasy VI grupy 1-ej, muszą być umieszczone ognie sztuczne.

Amunicję zapalającą, chemiczną i szczególnie dymną należy w miarę możności przechowywać na pokładzie, jak najbliżej ku tyłowi statku. O ile to jest niemożliwe, to można ją przewozić na pomoście z tem, że nie będą tam przechowywane wtedy żadne zapasy spożywcze.

O przewóz amunicji gazowej należy wnieść specjalne podanie do Komisji Handlowej.

Stałych magazynów nie wymagają, a mogą być przechowywane na t. zw. „specjalnych warunkach przechowywania amunicji", t. j. w każdym przedziale, byle nie było w nim zapałek, łatwozapalnych płynów i innych materjałów niebezpiecznych, następujące artykuły amunicyjne: kapiszony, lonty prochowe, zapłonniki elektryczne, sygnały na wypadek mgły, zapalniki pociskowe, nabite wkrętki detonujące, miny i kontrminy bez zapalników, nabite pociski bez zapalników, takież pociski z zapalnikami dennemi lub zapalnikami typu Nr. 45 i 106E, mokra nitroceluloza, ładunki głębinowe, bojowe głowice torpedowe i granaty ręczne, opakowane łącznie ze swemi zapalnikami, niewstawionemi jednak w granaty.[36])

Materjały łatwozapalne, źrące i t. p. wolno umieszczać na parowcu, przewożącym materjały wybuchowe tylko wtedy, gdy od pomieszczenia materjałów wybuchowych przedziela je dział maszynowy i kotłownia statku.

Magazyny dla materjałów wybuchowych zasadniczo winny być urządzone między pokładami statku i w ten sposób, aby dostęp do nich był łatwy. Magazyny te mogą być zbudowane ze stali, żelaza lub drzewa. O ile są one ze stali lub żelaza, to cała wewnętrzna

---

[36]) Kilka artykułów amunicyjnych, przestarzałych lub nieznanych u nas, nieposiadających jeszcze polskich nazw, pominąłem.

powierzchnia pomieszczenia powinna być pokryta powłoką ochronną zapomocą galwanizacji, pomalowania lub t. p. Beczki i skrzynki z prochem dymnym, kwasem pikrynowym lub innemi materjałami wybuchowemi luźnemi wolno przechowywać w stalowych lub żelaznych magazynach tylko wtedy, gdy całe wnętrze magazynu wyłożone jest drzewem lub innym t. p. materjałem.

Podłogę każdego magazynu z materjałami wybuchowemi należy pokryć kratą, zrobioną z listew 3 $\times$ 1 cal, o oknach najwyżej 4 cale kwadratowe. Kraty te winny być przenośne, aby magazyny można było utrzymać w czystości.

Celem zabezpieczenia przewożonych skrzynek lub beczek z materjałami wybuchowemi od spadania, przesuwania się, przetaczania i t. p. umocowuje się je, urządzając przez całą wysokość magazynu, od pokładu do pokładu, odpowiednie przegrody drewniane z desek grubości $1^1/_4$ cala.[37])

Drzwi magazynów powinny być mocne i zaopatrzone w zamki.

Każdy magazyn musi być należycie przewietrzany. Wychodzące na pokład statku otwory wentylacyjne magazynów i pomieszczeń, znajdujących się bezpośrednio nad magazynami, powinny być zabezpieczone podwójną warstwą gęstej siatki drucianej lub przez odpowiednie ogniotrwałe okapturzenie.

Nieopakowane nabite pociski należy odpowiednio zaklinować i, o ile nie są one założone od góry innym odpowiednim ładunkiem, przykryć deskami, ułożonemi szczelnie aż do wyższego pokładu.

Za zezwoleniem Inspektora można budować magazyny dla materjałów wybuchowych również na pomoście (nad górnym pokładem), o ile wybrane miejsce jest łatwo dostępne i odpowiednio oddalone od ładunków innych materjałów niebezpiecznych, kotłowni, działu maszynowego i pomieszczeń załogi.

Materjały wybuchowe i amunicję należy składać w magazynach i miejscach, o ile możliwe, najchłodniejszych.

Materjały wybuchowe i amunicja, stanowiące własność państwową, przewożone są na specjalnych warunkach.

Jeżeli umieszczenie materjałów wybuchowych na statku tak, aby nie były one bezpośrednio nad składem węgla, jest specjalnie trudno wykonalne, to należy zawczasu wnieść odpowiednie podanie

---

[37]) Szczegóły urządzania tych przegród, zależne od warunków miejscowych statku, zajmują w przepisach Komisji Handlowej $1^1/_2$ strony druku. Pominąłem je, jako zbyt specjalne.

do Komisji Handlowej o uchylenie tego warunku dla danego wypadku, wyszczególniając w podaniu rodzaj, stan i ilość materjałów wybuchowych, proponowanych do przewozu, jak również i ilość węgla, procentową zawartość w nim ciał lotnych, w miarę możności wiek wydobytego węgla i specjalne okoliczności, zagrażające samoczynnym pożarem na statku. Do podania należy załączyć plan statku, wykazujący rozmieszczenie ładunków, przeznaczonych do przewozu, a w szczególności rozmieszczenie materjałów wybuchowych, zapasów węgla i innych artykułów niebezpiecznych, znajdujących się na statku.

Właściciel statku może prosić o wydanie mu zaświadczenia, że magazyn materjąłów wybuchowych na jego statku odpowiada wymaganiom Komisji Handlowej. Zaświadczenie takie wydawane jest po sprawdzeniu magazynu przez Inspektora i opłaceniu 1 f. szt. za inspekcję i $1^1/_4$ f. szt. za zaświadczenie.

Na tem kończą slę przepisy Komisji Handlowej.

W załączniku do przepisów tych podany jest wzór uzupełniających je przepisów portowych, zmieniających się nieco w zależności od warunków miejscowych danego portu, a regulujących kwestję postojów, załadunku i wyładunku w danym porcie statków, przewożących materjały wybuchowe.

Artykuły 34, 35 i 36 ustawy o materjałach wybuchowych z 1875 r. nakazują, aby każda kompanja kolejowa lub kanałowa, przewożąca lub zamierzająca przewozić materjały wybuchowe, jak również władze każdego portu, przystani lub doku, w którym materjały wybuchowe są załadowywane lub wyładowywane, opracowały i po zatwierdzeniu przez Komisję Handlową wydały lokalne przepisy, regulujące warunki przewozów i prac z materjałami wybuchowemi na terenie danego portu lub przystani.

Wzór takich przepisów portowych, podany przez Komisję Handlową, w 26 artykułach nakazuje następujące środki ostrożności:

T. zw. „amunicja statkowa“ (t. j. rakiety, prochy i inne materjały wybuchowe, w myśl ustawy o marynarce handlowej i odnośnych rozporządzeń urzędowych, przewidziane na statku dla celów sygnałowych i ratownictwa) musi być przechowywana i przewożona z zachowaniem środków ostrożności i pod zamknięciem, aby wykluczone było korzystanie z niej przez osoby niepowołane. Amunicji tej nie wolno przechowywać razem z materjałami wybuchowemi, przewożonemi jako towar, lub wpobliżu tych materjałów.

Sygnały, ulegające zczasem rozkładowi i wycofywane z tego powodu z użycia, nie powinny pod żadnym pozorem trafiać w ręce nieodpowiedzialnych osób.

Rozbrajanie w porcie sygnałów i rakiet alarmowych (dźwiękowych) dopuszczalne jest tylko pod nadzorem urzędnika Komisji Handlowej lub w razie konieczności natychmiastowego rozbrojenia tej amunicji — ze względów bezpieczeństwa.

Innym ograniczeniom niniejszych przepisów, poza powyższemi, amunicja statkowa nie podlega.

Statki, przechodzące wpobliżu portu i przewożące jakiekolwiek bądź materjały wybuchowe w ilościach ponad 100 funtów, jak również statki, zatrzymujące się w porcie, mające na pokładzie materjały wybuchowe, winny wywieszać w dzień czerwone flagi o powierzchni co najmniej 3 stopy kwadratowe, a w nocy — czerwone latarnie na szczycie masztu (lub na specjalnem drzewcu, o ile statek niema masztów).

Kapitan statku, mającego na pokładzie materjały wybuchowe, po wejściu do portu winien bez zwłoki zameldować władzom portowym, jakie materjały wybuchowe i w jakich ilościach ma na statku, jak również, gdzie i kiedy ma zamiar je wyładować.

Statek, przewożący materjały wybuchowe lub mający być załadowany materjałami wybuchowemi, powinien być zakotwiczony lub przycumowany w miejscu, wyznaczonem do tego celu przez władze portowe i bez pisemnego nakazu lub zezwolenia tych władz nie może zmieniać miejsca swego postoju ani załadunku.

Materjałów wybuchowych, niewyszczególnionych na liście materjałów, dopuszczonych do obrotu w Anglji, nie wolno jest wwozić do portu bez specjalnej licencji lub pisemnego zezwolenia władz portowych.

O wszelkim zamierzonym w granicach portu załadunku, wyładunku lub przeładunku materjałów wybuchowych należy powiadomić zawczasu władze portowe z wyszczególnieniem ilości i rodzajów materjałów wybuchowych, przeznaczonych do załadunku lub t. p., jak również miejsca i terminu dokonania zamierzonego zadania.

Załadunek lub wyładunek materjałów wybuchowych w porcie powinien być dokonywany z zachowaniem następujących warunków:

a) Załadowywać, wyładowywać i przechowywać materjały wybuchowe wolno tylko w miejscach, wyznaczonych do tego celu przez władze portowe.

b) Podczas załadunku lub wyładunku na placu wpobliżu materjałów wybuchowych i na statku nie powinno być żadnych niezabezpieczonych i zbędnych ogni. Oświetlenie w razie potrzeby może być tylko elektryczne lub przy pomocy bezpiecznych lamp konstrukcji, zaaprobowanej przez władze portowe. Sygnały świetlne statku winny być rozmieszczone tak, aby nie zagrażały niebezpieczeństwem pożaru lub eksplozji, ognie w dziale maszynowym — starannie zabezpieczone.

c) Palenie tytoniu wpobliżu miejsc pracy z materjałami wybuchowemi jest wzbronione. Personel, zajęty załadunkiem lub wyładunkiem, nie powinien posiadać przy sobie zapałek, zapalniczek i t. p.

d) Przy pracy z materjałami wybuchowemi obowiązuje noszenie obuwia bezpiecznego. Na obuwie, podbite gwoździami lub podkute, należy nakładać kalosze gumowe, ochraniacze filcowe lub t. p.

e) Osób podchmielonych nie należy dopuszczać do miejsc załadunku lub wyładunku materjałow wybuchowych, ani na statek z materjałami wybuchowemi.

f) Pakunków z materjałami wybuchowemi nie wolno jest rzucać i szorstko traktować; o ile są one wciągane lub spuszczane na linach, to należy je w sposób skuteczny zabezpieczyć od spadania.

g) Materjałów wybuchowych nie należy wyładowywać i składać na przystani, bulwarze lub grobli portowej, dopóki statek albo wozy, mające je zabrać, nie są na miejscu gotowe do załadunku.

h) Przystań i pomosty jak również pokłady i przejścia na załadowywanym lub wyładowywanym statku należy starannie oczyścić bezpośrednio przed załadunkiem lub wyładunkiem materjałów wybuchowych i zaraz potem.

i) Rozsypany materjał wybuchowy należy natychmiast zebrać i zniszczyć.

j) Załadunek i wyładunek materjałów wybuchowych winien odbywać się pod stałym nadzorem wyznaczonego w tym celu oficera statku.

k) W celu zabezpieczenia pakunków z materjałami wybuchowemi od uderzeń i silnych wstrząsów podczas załadunku

lub wyładunku, należy według zaleceń władz portowych stosować materace, nabite pakułami ze starych lin lub t. p.

l) Wszyscy, zatrudnieni przy załadunku lub wyładunku materjałów wybuchowych, winni przestrzegać zachowania należnych środków ostrożności w celu zapobieżenia wypadkom pożaru lub eksplozji; powinni oni osobom niepowołanym wzbraniać dostępu do materjałów wybuchowych, powstrzymywać się od działań, nienakazanych koniecznością, a mogących spowodować pożar lub eksplozję, i wszelkiemi sposobami zapobiegać stosowaniu przez kogokolwiek bądź ryzykownych metod działania, stojących w sprzeczności z niniejszemi przepisami.

m) Załadunek i wyładunek materjałów wybuchowych należy wykonywać przy świetle dziennem, w godzinach od wschodu do zachodu słońca.

Władze portowe w pewnych poszczególnych wypadkach przy danym materjale wybuchowym lub przy danym ładunku mogą zwolnić kapitana statku od przestrzegania tego czy innego z powyższych środków ostrożności, nakazanych przy załadunkach i wyładunkach, o ile względy bezpieczeństwa pozwalają na to. Zwolnienie takie powinno być dane na piśmie.

W sprawie przechowywania materjałów wybuchowych na statkach przepisy portowe nakazują:

a) Przeznaczone na materjały wybuchowe pomieszczenia lub miejsca na pokładzie statku przed załadunkiem należy oczyścić od piasku i brudu.

b) Stalowe lub żelazne części od wewnątrz tych pomieszczeń muszą być na stałe lub czasowo przykryte skórą, drzewem, płótnem lub innym odpowiednim materjałem.

c) W celu zabezpieczenia od ognia z zewnątrz, poza okresem załadunku i wyładunku, należy przechowywać materjały wybuchowe pod zamknięciem lub przykryte całkowicie brezentem, żaglami lub innym odpowiednim materjałem.

d) Materjałów wybuchowych:
1) klasy V (inicjujących),
2) klasy VI grupy 1-ej i grupy 3-ej (nabojów i pocisków z zapłonnikami i zapalnikami)
i 3) klasy VII (ogni sztucznych)
nie należy przewozić na statku z materjałami wybuchowemi innych klas i grup, chyba że są one dostatecznie od-

dzielone jedne od drugich w sposób, zabezpieczający w razie wypadku od przenoszenia się ognia i eksplozji.

Materjały wybuchowe klas I do IV i klasy VI grupy 2-ej wolno jest przechowywać razem pod warunkiem, że przy materjałach klasy VI grupy 2-ej (nabitych pociskach i t. p.) należy zapobiec stykaniu się żelaza z materjałami wybuchowemi klas I do IV i ze skrzynkami, zawierającemi te materjały.

e) Materjałów wybuchowych nie należy umieszczać na statkach, przewożących ładunki zapałek, produktów naftowych, węglika wapnia, spirytusów, kwasów mineralnych lub innych produktów łatwozapalnych lub żrących, chyba że zastosowane zostaną specjalne środki zabezpieczenia przewożonych materjałów wybuchowych od zetknięcia się ich z temi produktami, od działania na nie par, wydzielanych przez te produkty, i na wypadek pożaru [38]).

f) Urządzenie pomieszczeń dla przewozu materjałów wybuchowych w ilościach ponad 100 funtów winno odpowiadać zaleceniom Komisji Handlowej.

Statki, na których materjały wybuchowe przechowywane są w sposób, niezgodny z powyższemi przepisami, nie mają prawa wejścia do portu.

W poszczególnych wypadkach władze portowe mogą zezwolić (na piśmie!) na pewne odstępstwa od powyższych przepisów przechowywania materjałów wybuchowych na statkach, o ile względy bezpieczeństwa pozwalają na to.

---

[38]) W 1906 roku na wniosek Wydziału konserwacji rzeki Tamizy (Thames Conservancy) Komisja Handlowa zatwierdziła następujący przepis:

Na żadnym statku nie wolno przewozić więcej niż 1.000 funtów jakiegokolwiek materjału wybuchowego innego niż amunicja klasy VI grupy 1-ej jednocześnie z produktami, podpadającemi pod ustawy o produktach naftowych (Petroleum Acts), lub z cieczami zapalnemi o punktach zapłonienia niższych od punktów zapłonienia, nakazanych przez te ustawy. Z innemi produktami naftowemi lub cieczami zapalnemi, wykazującemi punkty zapłonienia, nakazane przez ustawy o produktach naftowych, lub wyższe, ale niższe od 200^0 F ($93,3^0$ C), wolno jest przewozić materjały wybuchowe na tym statku, o ile zastosowane są odpowiednie, wymagane przez władze portowe, środki zabezpieczenia jak wentylacja, przegrody i t. p., zapobiegające skutecznie gromadzeniu się palnych par i przenikaniu ich do tej części statku, w której złożone są materjały wybuchowe.

Na statkach, przewożących materjały wybuchowe, wolno używać tylko zapałek bezpiecznych[39]. Przechowywać je należy w bezpiecznem miejscu, zdala od materjałów wybuchowych.

Wszystkie materjały wybuchowe, wwożone do portu, winny być opakowane i oznakowane zgodnie z odnośnemi przepisami, wydanemi w rozwinięciu ustawy o materjałach wybuchowych z 1875 roku.

Materjałów wybuchowych klas I do IV, klasy VI grupy 2-ej i klasy VII w ilości ponad 5 funtów i żadnych absolutnie materjałów klasy V i klasy VI grupy 3-ej nie wolno wnosić na statki pasażerskie i przewozić na nich razem z pasażerami. W portach, w których dopuszczony jest przewóz pewnych materjałów wybuchowych na statkach pasażerskich, należy je przewozić z zachowaniem wszelkich środków ostrożności, aby zapobiec wypadkom pożaru i eksplozji.

Na statku pasażerskim podczas przewozu pasażerów nie powinno być żadnej nabitej broni palnej.

Przed przystąpieniem do jakichkolwiek napraw lub zmian w tej części statku, w której złożone są materjały wybuchowe, należy przedewszystkiem usunąć te materjały i wszelkie ich resztki.

Na jednym statku wolno jest przewozić do 2000 funtów (907 kg) materjałów wybuchowych. O ile statek posiada pokład zamykany w sposób, skutecznie zabezpieczający materjały wybuchowe od ognia zzewnątrz, to dopuszcza się na nim przewóz materjałów wybuchowych w ilościach większych, w żadnym jednak razie nieprzekraczających 50.000 funtów (22.680 kg).

Jeżeli łączna ilość materjałów wybuchowych na dwóch lub kilku statkach przewyższa normy, dopuszczalne według poprzedniego ustępu do przewozu na jednym statku, to, z wyjątkiem okresu ewentualnego przeładunku, między statkami temi należy zachowywać odległość co najmniej 50 jardów (45,7 m). Odległość ta może być zmniejszona w tym wypadku, gdy zachowanie jej, zdaniem władz portowych, jest niemożliwe.

---

[39]) Powyższe zastrzeżenie tłumaczy się tem, że w przeciwieństwie do większości krajów europejskich, gdzie w użyciu są tylko zapałki bezfosforowe, t. zw. szwedzkie, zapalające się wyłącznie przy potarciu o specjalną masę na pudełku, w Anglji i w Stanach Zjednoczonych A. P. dość rozpowszechnione są jeszcze szczególnie między robotnikami, zapałki fosforowe, zapalające się przy potarciu o każdą powierzchnię i ścianę, podeszwę obuwia i t. p.

Na każdym statku, posiadającym na pokładzie materjały wybuchowe w ilości ponad 100 funtów (45,4 kg) jako ładunek, powinna być dostateczna załoga do obsługi statku i odpowiedniego nadzoru nad przewożonemi materjałami wybuchowemi. Na każdej łodzi przewożącej jakikolwiek bądź materjał wybuchowy, stale powinien być człowiek, wyznaczony do dozorowania tego materjału, nadający się do wypełnienia tego zadania z należytą starannością i umiejętnością.

Osób podchmielonych nie należy przyjmować na łódź, przewożącą materjały wybuchowe, ani pozostawiać łodzi pod ich opieką.

Materjały wybuchowe, dostarczane do portu kolejami żelaznemi, powinny być przewożone zgodnie z przepisami odnośnych Kompanij Kolejowych, a dostarczane wozami — zgodnie z obowiązującemi zarządzeniami Sekretarjatu Stanu, wydanemi w rozwinięciu ustawy o materjałach wybuchowych z 1875 roku.

Statek, sygnalizujący w sposób podany wyżej, przez flagę lub latarnię, iż wiezie materjały wybuchowe, powinien być wymijany przez parowce na możliwie jak największej odległości.

W porcie należy zastosować wszelkie należne środki ostrożności, aby zabezpieczyć materjały wybuchowe od wypadków pożaru i eksplozji.

Powyższe przepisy portowe nie obowiązują przy dostarczaniu i przewożeniu materjałów wybuchowych do bezpośredniego użytku w porcie w ilościach nie wyższych od 500 funtów (227 kg). Materjały te podlegają wtedy specjalnym przepisom, wydanym przez władze portowe, i mogą być użyte tylko do prac w porcie lub wywiezione z portu za zezwoleniem władz portowych.

Właściciel lub kapitan statku na żądanie upoważnionych przedstawicieli władz portowych lub władz policyjnych winien okazać im materjały wybuchowe, znajdujące się pod jego pieczą lub na jego statku, i ułatwić im sprawdzenie, czy niniejsze przepisy są należycie przestrzegane.

Niniejsze przepisy portowe służą uzupełnieniem ustawy o materjałach wybuchowych z 1875 roku. Osoby, wykraczające przeciwko jakiemukolwiek z wymagań tych przepisów, niezachowujący lub próbujący ominąć je, podlegają karze pieniężnej do 20 funtów szterlingów za każde wykroczenie i karze do 10 f. szt. za każdy dzień trwania tego wykroczenia, a materjały wybuchowe, znalezione na statku, łodzi lub wozie w warunkach, nieodpowiadających niniejszym przepisom, ulegają konfiskacie całkowitej lub częściowej.

Przepisy portowe podlegają wydrukowaniu i opublikowaniu. Jeden egzemplarz ich powinien być wywieszony na widocznem miejscu w porcie, a pewna ilość egzemplarzy — przechowywana i wydawana na zapotrzebowania.

Omówione przepisy angielskie są zwięzłe i dość przejrzyste, są one jednak mniej szczegółowe i więcej przedstawiają niedomówień, niż przepisy kolejowe amerykańskie. Nie udało mi się niestety uzyskać amerykańskich przepisów przewozu materjałów niebezpiecznych statkami, należy jednak przypuszczać, że są one bardzo zbliżone do omówionych wyżej amerykańskich przepisów kolejowych i oparte na tych samych zasadach.

Przepisy kanadyjskie [40]) w specjalnych tabelach podają, jakie materjały wybuchowe wolno przechowywać łącznie w magazynach na statkach. Nakazują one w jednej części statku (pod pokładem w t. zw. „hold") umieszczać w oddzielnym magazynie spłonki detonujące, w drugiej części — ognie sztuczne i w trzeciej — pozostałe materjały wybuchowe. W tych częściach statku, w których mieszczą się spłonki detonujące lub ognie sztuczne, wolno z materjałów wybuchowych przechowywać tylko naboje małokalibrowe bezpieczne, zapały słabe i sygnały na wypadek mgły. Inne materjały wybuchowe można umieszczać w jednej części statku pod warunkiem jednak odpowiedniego rozmieszczenia ich w poszczególnych magazynach. W osobnym magazynie mają być złożone prochy bezdymne i ładunki prochowe, w osobnym — żelatyna wybuchowa, dynamity, sucha bawełna strzelnicza i t.p., osobno — amunicja małokalibrowa, kapiszony, zapłonniki i zapalniki amunicji działowej, w tej liczbie i zapalniki uderzeniowe, osobno bawełna strzelnicza mokra i t. d.

W poszczególnych magazynach dopuszcza się łączne przechowywanie min i kontrmin, nabitych wilgotną bawełną strzelniczą, z prochami działowemi zwilżonemi; granatów ręcznych nabitych bez zapalników — z rakietami bojowemi i ratowniczemi, kwasu pikrynowego z trotylem i t. d.

Materjałów wybuchowych, stanowiących własność prywatną, przepisy te nie pozwalają przechowywać w magazynach łącznie z materjałami wybuchowemi, stanowiącemi własność państwa.

Punkt 6 przepisów, omawiający warunki nawigacji po wodach

---

[40]) p. Regulations for the Government of Public Harbours in Canada, Ottawa 1924.

wewnętrznych i w portach kanadyjskich, dopuszcza załadowywanie i przewóz na jednym statku do 250 tonn materjałów wybuchowych. Statek taki jednak nie powinien mieć własnych motorów, maszyn parowych i t. p., a, mając na pokładzie materjały wybuchowe, musi być holowany, pasażerów przewozić nie może i musi posiadać wystarczającą do manewrowania załogę, z której co najmniej dwóch ludzi powinno być stale na statku aż do chwili wyładowania materjałów wybuchowych.

Kapitan lub pełniący obowiązki kapitana statku, mający zamiar zająć się przewozami lub przeładunkami materjałów wybuchowych w porcie, winien uzyskać na to zezwolenie władz portowych. W tym celu winien on złożyć pisemne podanie z wyszczególnieniem swego wieku, narodowości i zatrudnienia w ciągu ostatnich trzech lat, załączając do podania świadectwo, otrzymane od swego ostatniego pracodawcy, i zaświadczenie księdza lub sędziego pokoju, że jest on człowiekiem trzeźwym, zrównoważonym i o dobrej reputacji. Otrzymane zezwolenie władz portowych normalnie traci swą moc z zakończeniem nawigacji w danym roku, może być jednak cofnięte lub zawieszone w każdej chwili przez władze portowe. Zezwolenie to należy okazywać na każde żądanie władz portowych lub władz policyjnych.

Poza tem przepisy kanadyjskie zbliżone są do przepisów angielskich i nie wnoszą nic nowego do omawianej sprawy.

Przepisy rosyjskie, przytoczone przez prof. Sucharewskiego [41]), omawiają głównie przewozy materjałów wybuchowych na barkach po drogach wodnych wewnętrznych. Nie dopuszczają one przewozów: nitrogliceryny zmarzniętej lub w stanie płynnym, nitrocelulozy z zawartością wilgoci poniżej 15% (z wyjątkiem prasowanych kostek piroksylinowych, nadawanych do przewozu przez władze wojskowe), piorunianów rtęci, srebra i złota w stanie luźnym, prochów z domieszką chloranu potasu i wszelkich materjałów wybuchowych i artykułów niebezpiecznych, których przepisy przewozu nie są zatwierdzone przez Ministerstwo Komunikacji.

Ładunki niebezpieczne, przewożone na skutek zarządzeń Ministerstwa Wojny lub Ministerstwa Marynarki i posiadające zaświadczenia od technicznego komitetu jednego z tych Ministerstw, nie wymagają zatwierdzenia warunków ich przewozu przez Ministerstwo Komunikacji.

---

[41]) p. prof. Sucharewskij. Wzrywczatyje wieszczestwa i wzrywnyje raboty. Moskwa, 1923 s. 1315—1327.

Do przewozu materjałów wybuchowych nie wolno jest używać statków, których burty i pokłady przepojone lub zanieczyszczone są produktami naftowemi, chloranami, kwasami lub t.p.

Statki z materjałami wybuchowemi mogą zatrzymywać się tylko w odległości co najmniej 1 wiorsty (1,067 km) od innych statków, budynków mieszkalnych i zwykłych przystani. Załadunek i wyładunek materjałów wybuchowych może być uskuteczniany i bliżej od budynków mieszkalnych, w specjalnie wyznaczonych do tego celu osobnych przystaniach.

Jedzenie dla załogi na statkach, nie posiadających kotłów i maszyn parowych, przy przewozach materjałów wybuchowych należy gotować w odległości co najmniej 50 sążni (106,7 m.) od statku w kierunku wiatru lub też na holujących je parowcach. Rozpalanie ognia na tych statkach jak również posiadanie zapałek i t.p. jest wzbronione.

Jeżeli statek z materjałami wybuchowemi jest holowany przez konie, to w celu przyspieszenia transportu należy przewidzieć podwójną ilość koni i ludzi i pracować na dwie zmiany.

W razie burzy statek z materjałami wybuchowemi należy zakotwiczyć lub zatrzymać przy brzegu w miejscu, możliwie oddalonem od objektów zamieszkałych.

Jeżeli barka z materjałami wybuchowemi holowana jest przez parowiec, opalany drzewem, węglem lub torfem, to należy komin parowca zaopatrzyć w siatkę metalową, otwory do pomieszczeń z materjałami wybuchowemi na parowcu i na barce przykryć brezentem, zwilżanym wodą możliwie często, i trzymać stale w pogotowiu urządzenia przeciwpożarowe parowca i barki.

W razie wykrycia w drodze uszkodzenia w opakowaniu materjałów wybuchowych, niedającego się naprawić własnemi środkami, uszkodzone pakunki należy usunąć ze statku i przekazać protokularnie miejscowym władzom policyjnym.

O zamierzonym przewozie materjałów wybuchowych wysyłający zawiadamia odnośne władze dróg wodnych, podając przewidywaną marszrutę, szybkość jazdy i miejsce wyładunku.

W wypadku zepsucia się w drodze statku z materjałami wybuchowemi, nagłego zamarznięcia rzeki lub t. p. należy natychmiast powiadomić o tem władze drogowe, a materjały wybuchowe przeładować na inny, nadający się do tego, statek celem dowiezienia ich do miejsca przeznaczenia, lub wyładować na brzeg i oddać pod dozór miejscowych władz policyjnych.

Materjały wybuchowe, których nie wolno przechowywać łącznie w jednym magazynie (lądowym), można załadowywać na jeden statek tylko wtedy, gdy ilość ich nie przewyższa 100 pudów (1638 kg), przyczem należy je umieszczać w oddzielnych izolowanych pomieszczeniach.

Ze statku, załadowanego materjałami wybuchowemi tylko częściowo, należy najpierw w wyznaczonym na to miejscu wyładować materjały wybuchowe, a następnie dopiero można wyładowywać z niego inne ładunki w zwykłej przystani.

Załadunek i wyładunek materjałów wybuchowych musi się odbywać pod nadzorem kapitana statku lub jego pomocnika. Przy wyładunku powinien być obecny ponadto przedstawiciel składnicy, dla której materjały wybuchowe są przeznaczone. Przy pracach tych należy przestrzegać nakazane środki ostrożności (nie palić, nie rzucać skrzynek, podściełać w miejscach niebezpiecznych maty i t. p.). Na statkach z materjałami wybuchowemi tak podczas załadunku i wyładunku, jak i podczas jazdy, powinny być stale wpogotowiu urządzenia przeciwpożarowe (ręczne pompy pożarowe, kadzie z wodą, wiadra, siekiery, drabiny, gaśnice i t. p.)

Statki z materjałami wybuchowemi winny iść w odległości jeden od drugiego co najmniej 200 sążni (426,7 m), a statki wymijające je, na sygnał — zwalniać bieg i objeżdżać je jak najdalej.

Przepisy, przytoczone przez prof. Sucharewskiego, są naogół dość chaotyczne i w porównaniu z przepisami angielskiemi lub niemieckiemi mało pouczające.

(d. c. n.)

Drukarnia Techniczna Sp. Akc., Warszawa, Czackiego 3/5